Beschreibende Notizen über eine Anzahl bemerkensw... Elektrizitätsw...

W. Wyssling, E. Blattner, Schweizerische ...

Digitized by Google

Transferred to the
Lawrence Scientific School.
Econ 7595.14

Harvard College Library

FROM THE BEQUEST OF

FRANCIS B. HAYES

(Class of 1839)

This fund is $10,000 and its income is to be used
"For the purchase of books for the Library"
Mr. Hayes died in 1884

2 June, 1900.

TRANSFERRED
TO
HARVARD COLLEGE
LIBRARY

INTERNATIONALER ELEKTROTECHNIKER-KONGRESS

veranstaltet gelegentlich der Schweizerischen Landesausstellung

durch den

Schweizerischen Elektrotechniker-Verein

4.–9. August 1896 in Genf.

Beschreibende Notizen

über eine Anzahl bemerkenswerte

Elektrizitätswerke in der Schweiz

als

Führer für die Exkursion des Kongresses

vom

10.—15. August 1896.

Im Auftrage des

SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNIKER-VEREINS

gesammelt und redigiert von

Prof. **W. Wyssling,**
Direktor des Elektrizitätswerkes a. d. Sihl, Wädenswil

Dr. **E. Blattner,**
Technikum, Burgdorf.

Zürich,
Druck von Zürcher & Furrer
1896.

Digitized by Google

Econ 7595.14

JUN 2 19[illegible]

Hayes fund

~~98.13~~

22.14

2

JUN 20 1917

[illegible] LIBRARY

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

Vorwort.

Die nachstehenden beschreibenden Notizen machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Formvollendung. Sie entstanden z. T. durch fast unveränderte Aufnahme von Beschreibungen, welche die Werke selbst oder ihre Erbauer uns gütigst zusandten, z. T. durch eigene Redaktion aus bekannten Daten. Wir haben uns dabei bemüht, das Nötigste in knapper Form mitzuteilen und in möglichst unparteiischer Weise Reflexionen über die Vorzüge und Nachteile der Konstruktionen zu vermeiden, sowie durch die Beigabe je einer Titelseite mit den Haupt-Daten dem Ganzen eine etwas einheitliche Gestaltung zu geben; da jedoch die Publikation in äusserst kurzer Zeit zusammengestellt werden musste und zahlreiche Angaben erst in letzter Stunde einliefen, mögen da und dort die genannten Grundsätze in der Eile unwillkürlich nicht voll zur Geltung gekommen sein, wofür wir die Leser um Entschuldigung bitten.

Den in den Beschreibungen genannten Werken und deren Erbauern, welche uns in freundlichster Weise durch Uebersendung von Notizen, Bildern und Clichés unterstützten, sowie insbesondere der Redaktion der „Schweizer. Bauzeitung", welche uns gratis eine grössere Anzahl Clichés zur Benutzung überliess, erstatten wir im Namen des S. E.-V. an dieser Stelle unsern verbindlichsten Dank; ebenso dem Elektrizitätswerk der Stadt Neuchâtel, welches seine im Druck befindliche Brochure als ganzes unserm kleinen Werk auf eigene Kosten beifügte.

Schliesslich können wir nicht umhin, der prompten Erledigung der übertragenen Arbeiten durch die Firmen Zürcher & Furrer, Zürich (Druck) sowie „Société Anonyme des Arts Graphiques", Genf, und Benziger & Cie., Einsiedeln (Anfertigung der Autotypen) Erwähnung zu thun.

Wädensweil-Zürich,
Burgdorf, } den 1. August 1896.

W. Wyssling.
E. Blattner.

Digitized by Google

STATIONS CENTRALES ÉLECTRIQUES DE LA VIIIe DE GENÈVE.

Usine électrique à Chèvres (Genève).

(Propriété de la ville de Genève).

Bâtie de 1893 à 1896. — Ouverte à l'exploitation en 1896.

Constructeurs:

Direction des Travaux: **Service des eaux de la ville de Genève.**
(Ingénieur M. Butticaz.)

Turbines: Société des ateliers de constructions **Escher Wyss & Co. Zurich.**

Génératrices: **Cie. de l'Industrie Electrique à Genève.** (Cie. Suisse Thury).

Excitatrices: **Maschinen-Fabrik Oerlikon.**

Ligne primaire souterraine: **Service des eaux de la ville de Genève.** Câbles nus fournis par la Cie. de l'Industrie Electrique à Genève, substance isolante et exécution: **Berthoud Borel et Cie. à Cortaillod.**

Pompes à huile: **Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique.**

Réseaux de distribution primaire et secondaire par câbles souterrains: **Société Berthoud Borel et Cie., Cortaillod.**

Commutatrices: **Sté d'électricité Alioth à Münchenstein.**

Lampes à arc pour éclairage public: **Cie. de l'Industrie Electrique** et **Schuckert, Nurremberg.**

Candélabres: **Usines de Louis de Roll à Clus** et **Wanner Frères, Ferronniers d'Art à Genève.** (Pour les consoles du Pont de la Coulouvrenière).

Force motrice:

Le Rhône.

Système de distribution électrique: Courant alternatif, monophasé pour l'éclairage, biphasé pour la force motrice. 4 conducteurs.

Emploi du courant électrique: Eclairage public et privé, distribution de force motrice et Tramways à Genève.

Importance de l'Installation en Juin 1896:

Force motrice hydraulique disponible sur le Rhône	12 000 HP.	
Nombre de turbines	4 de	1 200 HP. chacune
Nombre de Génératrices	4 de	1 200 HP. chacune
Nombre d'Exitatrices	2	
Longueur de ligne primaire souterraine	6 km	
Longueur de câble souterrain pour l'éclairage public par lampes à arc	8 000 m	
Eclairage privé; équivalence en lampes de 10 bougies	25 000	
Nombre de lampes à arc pour éclairage public	160	

Digitized by Google

Usine électrique à Chèvres (Genève).

Installations hydrauliques à Chèvres sur le Rhône à 6 km en aval de Genève.

L'usine est bâtie dans le lit du fleuve qui est fermé à cet endroit par un barrage. Ce barrage produit un relèvement des eaux et le remous se fait sentir jusqu'à un kilomètre et demi en aval de la Jonction du Rhône et de l'Arve. De cette façon il est créé une chute de 8,50 m en basses eaux. En hautes eaux le niveau du fleuve en aval de l'usine s'élève et réduit la chute à 4,50 m.

Les fondations du *bâtiment* sont faites pour recevoir 15 turbines, mais le bâtiment lui-même ne peut contenir que cinq groupes outre l'espace pour les excitatrices, le tableau, les pompes à huile et les logements et bureaux.

Le **barrage** se compose de 6 travées de 10 m séparées par des piles en maçonnerie revêtues à leur base de blindages en fonte. Les vannes sont construites en fer et sont équilibrées par des contrepoids facilitant la manoeuvre; en outre elles s'appuient sur des galets destinés à réduire le frottement; la manoeuvre se fait à bras.

Le **bâtiment** prévu pour 15 groupes mesurera 135 m de longueur. Chaque chambre de turbine peut être fermée par une vanne de garde en forme de segment de cylindre. Cette vanne se relève et s'abaisse en tournant autour de l'axe du cylindre; elle donne l'accès de l'eau à l'ensemble des deux turbines. Ces vannes sont manoeuvrées au moyen d'une transmission générale, commandée par un moteur électrique.

Les turbines sont construites de façon à permettre un régime très variable, la chute variant de 8,50 m à 4,50 m et le débit respectivement de 9 m³ à 18 m³. Elles peuvent fournir un travail de 800 à 1200 HP. suivant les conditions de fonctionnement. Pour obtenir ce résultat on a installé, sur le même arbre vertical, deux turbines à trois couronnes chacune. Les deux turbines fonctionnent ensemble en été tandis qu'en hiver l'eau n'est admise que sur la roue inférieure. Le réglage s'obtient par la manoeuvre d'un distributeur actionnée par un piston sur lequel agit de l'huile sous une pression de 18 kg. La vitesse de régime est de 80 tours.

Partie électrique. **Génératrices.** Chaque machine est montée directement sur l'extrémité de l'arbre de la turbine. Le poids total des parties tournantes dynamos et turbines est équilibré au moyen d'un pivot à huile sous pression. Le débit normal est de 18t A. sous 3000 de pression. Chaque machine porte deux induits pouvant être placés chacun en concordance de phase avec l'autre pour produire un courant monophasé destiné à l'éclairage ou avec un décalage de 90 degrès pour

Digitized by Google

produire un courant biphasé destiné à la force motrice. L'inducteur ne porte qu'un seul enroulement. Les enroulements, inducteur et induits, sont fixes. Le circuit magnétique se compose d'un double anneau en fonte, scellé sur le sol de l'usine, portant les deux induits formés de tôles de fer laminé. — L'enroulement inducteur est formé par un ruban de cuivre enroulé tout autour de la base de fonte; l'enroulement induit se compose de bobines plates fixées sur la surface lisse des anneaux en tôle par des coins de bois et des bandages. Le circuit magnétique est fermé par une cloche munie de deux séries superposées de dents dirigées vers l'intérieur. Cette cloche est formée par deux anneaux de fonte d'acier, coulés chacun d'une pièce et boulonnés ensemble, et d'un couvercle en fonte portant la couronne extérieure et calé sur l'arbre. Cette cloche est donc la seule partie mobile de toute la machine, les deux enroulements étant fixes. Nous retrouvons ici le principe revendiqué dans le brevet d'invention que la Cie. de l'Industrie Electrique a pris au commencement de 1892. Ce principe est ainsi énoncé: „Une machine dynamo électrique caractérisée „par la disposition de deux surfaces qui limitent l'entrefer, l'une d'elles étant lisse „et l'autre dentée et l'une de ces surfaces mobile par rapport à l'autre; l'enroulement „induit étant placé sur la surface lisse. Cette disposition a pour but de faire varier „l'intensité du champ magnétique dans l'entrefer sans faire varier le flux total créé „par le courant d'excitation."

Les avantages des machines construites sur ce principe sont nombreux et très généralement reconnus. Dans le cas présent les dimensions des machines et leur vitesse de rotation rendaient toute autre construction presque impossible. En effet le diamètre extérieur de la cloche est de 4,50 m et la vitesse de 80 tours par minute; l'avantage, d'avoir pour toute partie mobile une cloche d'acier ne portant aucun enroulement est très important. En outre le poids restreint de la partie mobile facilite la condition demandée de pouvoir accoupler deux ou plusieurs machines en parallèle. Les dents de la cloche sont séparées par des espaces vides formant fenêtres et produisant une forte ventilation.

Excitatrices. Elles sont au nombre de deux, chacune est montée directement sur l'arbre d'une turbine. La vitesse est de 250 tours à la minute, le débit de 600 A. et le voltage de 110 Volts. Ce courant à 110 Volts alimente en outre le moteur des vannes de garde des turbines, celui des vannes d'admission de l'eau aux turbines des excitatrices, les deux moteurs du pont roulant, le réglage électrique automatique et enfin un moteur actionnant une pompe à huile.

Réglage. Le réglage électrique se fait automatiquement, au moyen de régulateurs système Thury; les regulateurs sont mus par de petits moteurs électriques.

Pompes à huile. Elles sont au nombre de 3; deux groupes sont actionnés par l'intermédiaire d'un engrenage par les turbines des excitatrices, le 3me groupe par un moteur électrique. Elles compriment à 18 kg l'huile qui sert au graissage des paliers, à la décharge de la cloche des génératrices et à l'action des distributeurs des turbines.

Ligne souterraine. La ligne de transport était prévue d'abord aérienne mais en raison de la difficulté de traverser de cette façon les propriétés privées situées le long du Rhône, le coût élevé et les dangers d'une telle ligne ont décidé les intéressés à adopter un nouveau système de conducteur souterrain. Les câbles de cuivre nus

Digitized by Google

formés chacun de 7 fils sont placés par 4 groupes de 7, chaque groupe forme un conducteur d'une section de 490 mm². Ils sont supportés par des briques de forme spéciale, le tout étant noyé dans un caniveau en béton rempli d'une masse isolante à base d'asphalte additionnée d'une forte proportion de gravier desséché. Le caniveau est recouvert d'une dalle en ciment. Des regards ménagés tous les 1000 m permettent de sectionner la ligne pour faciliter les recherches.

Distribution du courant en ville. Il a fallu utiliser et alimenter les réseaux anciens qui se composent:

1° d'un réseau souterrain par câbles sous plomb qui part de l'Ile et alimente par courant continu à 2 fois 110 Volts l'éclairage privé de tout le centre de la Ville.

2° d'un réseau souterrain par câbles concentriques à deux conducteurs sous plomb armé, alimentant 22 postes de chacun 2 transformateurs de 12000 watts situés sur la périphérie de la ville et servant à l'éclairage privé.

A cet effet la ligne de Chèvres est amenée dans une *station de distribution* située dans la promenade de St. Jean. Elle aboutit à un tableau où elle alimente par l'intermédiaire de coupe-circuits 20 prises de courant formant autant de départs par cables souterrains à deux conducteurs sous plomb armé qui rayonnent dans toutes les directions, notamment en l'Ile et à l'Exposition.

La ***Station de l'Ile*** *à courant continu* actionnée jusqu'à présent par des turbines à haute pression est renforcée par deux commutatrices de 100 kw. recevant le courant biphasé transformé et débitant du courant continu à 220 Volts. Elle contient en outre les transformateurs qui alimentent un 3ème réseau nouveau, celui des lampes à arc pour l'éclairage public et particulier et de la distribution de force motrice. Ce réseau est à 500 Volts biphasé comprenant un conducteur triple concentrique un des brins étant commun aux deux phases. Chaque lampe à arc possède son transformateur qui réduit la tension de 500 à 40 Volts. Ce réseau devra alimenter dans la suite les lampes à arc de l'éclairage privé et des moteurs biphasés.

L'ancien *réseau à courant alternatif* situé sur la périphérie de la Ville est alimenté directement par le courant monophasé de Chevres.

La ***Station de la Coulouvrenière*** qui alimente les tramways par des dynamos Thury et des turbines à haute pression est renforcée par deux commutatrices de 150 kw qui reçoivent le courant biphasé transformé et débitent du courant continu à 550 Volts.

L'usine de Chèvres alimente en outre actuellement toute l'Exposition Nationale.

Distribution en dehors de la ville. On construit actuellement une ligne aérienne formée de 4 conducteurs de 100 mm² de section chacun, partant de Chèvres et se dirigeant vers l'Est sur la Rive gauche du Rhône. Elle est destinée à alimenter des moteurs industriels et l'éclairage des villages. Il est prévu une seconde ligne aérienne qui desservira la rive droite du Rhône. Ces lignes extérieures sont établies pour une tension de 5000 Volts.

Digitized by Google

Installations électriques de la ville de Genève.

1. Usine génératrice de Chèvres. — Vue générale I.

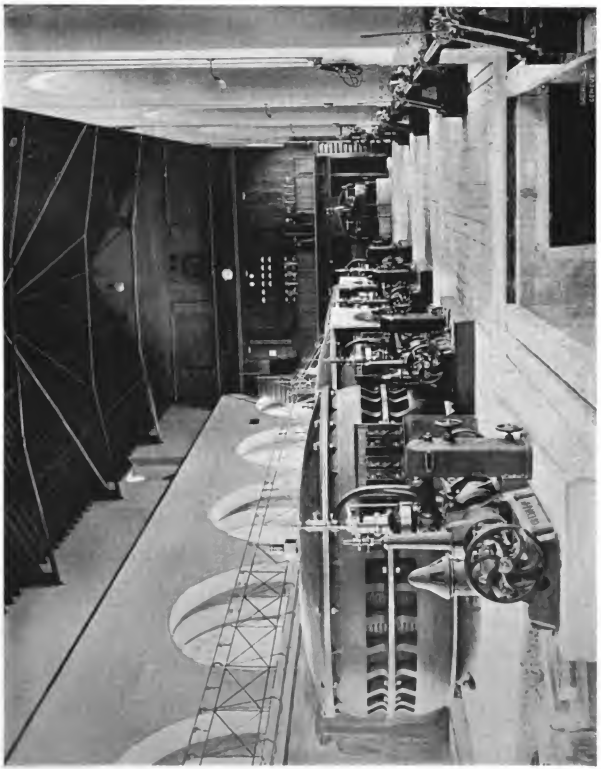
Digitized by Google

Installations électriques de la ville de Genève.

a. Usine génératrice de Chèvres. — Vue générale II.

Digitized by Google

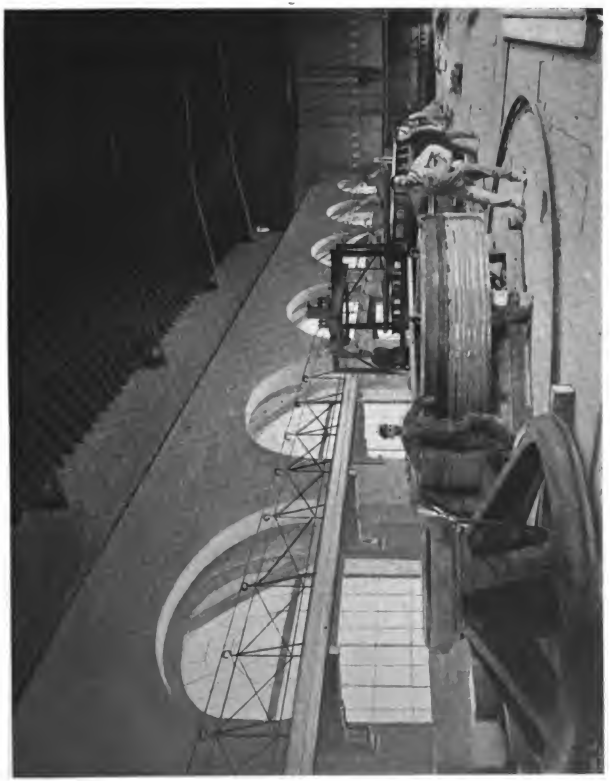
Installations électriques de la ville de Genève.



3. Usine génératrice de Chèvres. — Salle des machines.

Digitized by Google

Installations électriques de la ville de Genève.



4. Usine de Chèvres. — Génératrices en construction.

Digitized by Google

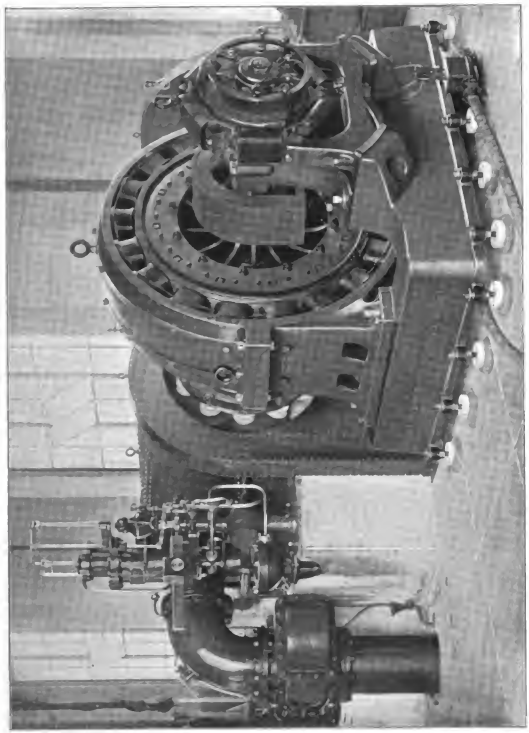
Installations électriques de la ville de Genève.

5. Génératrice de la station de Chèvres.

6. Excitatrices de la station de Chèvres.

Digitized by Google

Installations électriques de la ville de Genève.



7. Usine de la Coulouvrenière. — Alternateur 200 HP.

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

COMPAGNIE GENERALE DES TRAMWAYS SUISSES A GENEVE.

(Société anonyme).

Traction électrique construite en 1894—1896.

Constructeurs:

Entreprise générale pour l'équipement électrique des lignes:
Par la **Compagnie de l'Industrie Electrique Sécheron** près Genève.

Turbines: **Piccard & Pictet à Genève.**

Câbles souterrains de la Société d'Exploitation des Câbles
Berthoud Borel & Cie. à Cortaillod.

Voitures livrées par la **Société Industrielle suisse de Neuhausen.**

Machines génératrices, équipement des lignes et des voitures construites par la **Compagnie de l'Industrie Electrique.**

Force motrice:

Livrée par les ***Services Industriels de la Ville de Genève,*** eau à haute pression à 130 m et courant électrique de l'usine de Chèvres.

Distribution à la tension de 500 volts sur le réseau.

Lignes exploitées: Ligne Saconnex-Champel 5,410 km avec 8 voitures automobiles, construite en 1894, mise en exploitation le 22 septembre 1894.

Ligne Carouge-Mollard-Chêne-Moillesulaz 7,200 km avec 16 voitures automobiles, construite en 1895—1896, mise en exploitation le 1 mai 1896.

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

Remarques générales. La ligne Saconnex-Champel a été complètement établie en premier lieu en 1894; la traction électrique a été adoptée par la Cie. des Tramways suisses pour cette nouvelle ligne, comme essai en vue d'utiliser le même mode de traction pour les lignes à traction animale et à vapeur exploitée antérieurement. Après une année de fonctionnement régulier qui a permis de constater les avantages de ce mode de traction, la Cie. des Tramways suisses s'est décidée à l'introduire d'une manière générale pour l'ensemble de ces lignes entre Carouge Moillesulaz, frontière française, la transformation est en service depuis le 1er mai 1896.

Force motrice. La force motrice nécessaire est fournie par les Services Industriels de la ville de Genève.

La force a été prise jusqu'ici sur le réseau d'eau à haute pression au moyen de 2 groupes de 225 HP installés dans l'Usine de la Coulouvrenière, composés de turbines de la Maison Piccard & Pictet de Genève avec régulateurs à servo-moteurs à déclic, système Piccard et de dynamo Thury de 150 kilowatts, 550 volts, compound, alésage 1,100, vitesse 365 tours.

Ces machines sont construites de manière à pouvoir être commandées d'un côté par les turbines et de l'autre par un moteur biphasé prévu éventuellement pour utiliser le courant de Chèvres.

A ces deux groupes on ajoute actuellement 2 grandes commutatrices fournies par la Sté. d'Electricité Alioth qui, avec les transformateurs abaissant la tension, permettront d'utiliser au moyen d'une seule machine le courant de l'usine municipale de Chèvres à actionner le tramway.

Voies. Les voies nouvelles établies sont en rails à ornière type Phönix de 28 kg posées sur traverses métalliques, le poids du mètre courant est de 82 kg; dans les parties pavées la voie est à rails et contre rails type Marsillon posés par l'intermédiaire de coussinets de fonte sur traverses en bois.

L'écartement de la voie est de 1,445 m, la rampe maxima 55 mm et les courbes ont 25 m de rayons au minimum. Les deux files de rails sont reliées au moyen de l'éclissage électrique de la Cie. de l'Industrie Electrique qui permet d'assurer un très bon contact avec le rail tout en étant d'un posage facile et rapide.

Réseau d'alimentation. De l'usine génératrice de la Coulouvreuière le courant est distribué sur la ligne par un réseau de câble souterrain sous plomb, armé, système Berthoud Borel & Cie., ce réseau a 10 kilomètres de développement et comporte des sections maxima de 200 mm². Il n'y a pas de feeders aériens.

Digitized by Google

Le retour de courant est assuré par l'éclissage électrique des rails et par un réseau de câbles souterrains en partie à fort isolement, en partie à isolement léger dans des canaux en bois.

Le développement du réseau souterrain de retour est de 4 kilomètres.

Ligne aérienne. La ligne aérienne est alimentée par le réseau souterrain à des distances d'environ 300 m. Elle n'est pas sectionnée.

Elle se compose de fil de cuivre d'une qualité spéciale de 8 mm de diamètre, remplacé dans le centre de la Ville, à la demande de l'Administration par du fil d'acier de 7 mm afin d'avoir une ligne plus tendue et moins visible.

La ligne est supportée par des poteaux en tubes d'acier ou câbles transversaux scellés aux maisons, elle se trouve partout à 6 m au moins au-dessus du sol de la rue; les isolateurs sont de modèles américains bien connus.

Voitures. Sur le réseau circulent des voitures automotrices construites sur des types différents par la Sté. Industrielle suisse de Neuhausen (Suisse).

Les voitures mises en premier lieu en service sur la ligne de Saconnex ne devant pas faire de remorque ont été, sur la demande de l'Administration du tramway, équipées avec un seul moteur, malgré les fortes rampes et courbes; le fonctionnement est parfaitement satisfaisant quand la voie est en bon état, mais en hiver, et surtout lorsque les voitures ont leur essieu moteur placé du côté de la montée, l'adhérence est insuffisante et le patinage des roues est fréquent.

Pour permettre de frayer la voie, en cas de chutes de neiges, les deux dernières voitures équipées pour cette ligne ont été munies de 2 moteurs.

Les voitures mises en service en 1896 sur les anciennes lignes sont toutes à deux moteurs, elles remorquent normalement une voiture et exceptionnellement deux voitures légères.

Les premières voitures ont 34 places dont 12 d'intérieure assises et 4 assises sur les plateformes, 8 debout sur la plateforme d'avant et 10 sur celle d'arrière, longueur totale: caisse 5,85 m, largeur 2,50 m; la caisse repose par 10 ressorts en spirales sur le châssis, tandis que le châssis est porté par des ressorts à lames plates reposant sur les boites à graisses.

Les roues ont 80 cm de diamètre, les essieux ont 1,50 m d'empâtement.

Les freins à sellettes en fonte agissent sur les bandages des roues et sont commandés des deux plateformes ainsi que les sablières.

La voiture complètement équipée à vide pèse 4700 kgs.

Les voitures nouvelles sont absolument semblables aux premières sauf que le nombre de places est de 40, la longueur totale portée à 7,30 m et le poids à 6000 kgs.

Equipements électriques. La *prise de courant* se fait au moyen d'un contact glissant articulé, porté par une perche en tube Mannesmann qui est fixée à un support qui pivote sur son centre et permet à la perche de se rabattre complètement sur le toit de la voiture, afin de permettre le passage sous un pont de chemin de fer qui laisse une ouverture libre de 4,050 seulement de hauteur.

L'appareil de mise en marche ou contrôleur est établi sur 2 types, le premier est un appareil de mise en marche simple avec levier de commande qui au repos occupe une position verticale, pour la marche en avant il est retiré en arrière, il diminue et coupe le courant qui en dépassant une butée renverse le courant sur le moteur pour faire un arrêt rapide ou une manœuvre en arrière.

Digitized by Google

Les appareils de mise en marche à deux moteurs sont disposés de manière à permettre le freinage électrique à la descente et ont un commutateur permettant d'exclure l'un ou l'autre des 2 moteurs en cas d'avarie.

Le freinage électrique s'opère en faisant travailler les moteurs de la voiture, sur les résistances de réglage dans la proportion voulue pour avoir à la descente une vitesse convenable. Il permet l'arrêt très brusque en cas d'obstacles imprévus sur la voie.

Le réglage de la vitesse se fait au moyen de résistances.

Moteurs. Les moteurs sont à 4 pôles; ils sont étudiés en vue d'occuper l'espace le plus restreint possible, ils laissent, fixés sur un essieu portant des roues de 0,80 cm un espace libre de 0,12 au-dessus de la chaussée.

Ils peuvent utiliser en coup de collier un courant de 50 ampères à la puissance de 500 volts, mais sont cependant donnés seulement pour un travail de 20 à 25 HP.

Ils marchent à faible charge à la vitesse de 325 tours p. m. et commandent l'essieu par un seul train d'engrenages taillés; le pignon, calé sur le moteur porte 9 dents et la roue en a 41.

Le moteur et l'engrenage sont complètement enfermés, les paliers du moteur sont à graissage automatique à bagues, les contacts sont en charbon avec calage réglé une fois pour toutes sur la ligne neutre.

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

1. Station de la Coulouvrenière. — Génératrice des Tramways électriques.

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

2. Voitures de tramway (Place neuve).

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

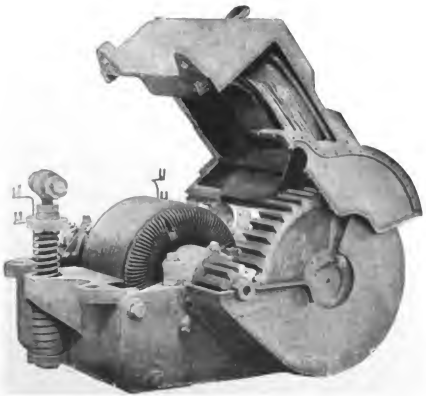
3. Tramways électriques. – Croisement Ecole Saconnex.

4. Tramways électriques. — Ligne Saconnex.

Digitized by Google

Tramways électriques de Genève.

5. Tramways électriques. — Moteur fermé.



6. Tramways électriques. — Moteur ouvert.

Digitized by Google

Chemins de fer électriques du Salève.

Société Anonyme des Chemins de fer électriques du Salève.

Construits en 1891/1892. — Ouverture à l'exploitation en 1893.

Constructeurs:

Entreprise générale: **A. de Meuron & H. Cuénod,** Ingénieurs à **Genève.**
Travaux hydrauliques, **bâtiment et infrastructure de la voie:**
Ed. Cuénod & Faron à Mornex.
Crémaillère: **Roman Abt,** Ingénieur à **Lucerne.**
Turbines: **Société Anonyme J. J. Rieter & Cie., Winterthur.**
Partie électrique: **Compagnie de l'Industrie électrique Sécheron** près **Genève.**
Voitures: **Société Industrielle suisse à Neuhausen.**

Force motrice:

La Rivière l'Arve.

Système électrique: Distribution à potentiel constant tension à 600 volts.
Longueur des lignes: 9 km. 100.
Nombres de voitures: 12, équipées avec deux moteurs de 50 HP.

Digitized by Google

Chemins de fer électriques du Salève.

Les chemins de fer du Salève ont été les premiers chemins de fer de montagne utilisant la crémaillère sur lesquels la force motrice soit obtenue au moyen de l'électricité. Ils sont destinés à mettre en communication Genève avec les villages de Mornex et de Monnetier; et à amener les touristes aux Treize-Arbres en face d'un panorama de montage splendide et depuis longtemps connu et apprécié.

De la plaine partent deux tronçons, l'un a son origine à Veyrier, dernière localité du territoire suisse, et arrive à Monnetier en passant le long du pittoresque Pas de l'Echelle, l'autre destiné plus spécialement à desservir Annemasse part d'Etrembières, contourne le Petit-Salève et dessert par deux stations successives le village de Mornex avant de venir se souder à l'autre tronçon à la station de Monnetier-Mairie.

A partir de ce point la ligne prend un caractère alpestre, les pentes se redressent et les habitations disparaissent pendant qu'à l'horizon la vue s'étend de plus en plus sur le lac et les montagnes de la Savoie. Le point terminus des Treize-Arbres est atteint en 45 minutes soit de Veyrier, soit d'Etrembières.

La différence de niveau à racheter est d'environ 900 m sur un parcours de 6 km, c'est-à-dire que l'on ne pouvait songer à une ligne à simple adhérence. Aussi a-t-on adopté le système Abt en utilisant une crémaillère simple sur les pentes les plus faibles et en la mettant double sur les plus fortes.

Les différents tronçons ont les longueurs suivantes:

Etrembières-Monnetier-Mairie	3,2 km.
Veyrier- » »	3,3 »
Monnetier-Mairie-Treize-Arbres	2,6 »

ce qui fait un développement total de 9,1 km.

Voie. Les traverses employées sont métalliques et encastrées dans le ballast constitué de pierres cassées. Les rails sont du type Vignoles pesant 20 kg le mètre courant. L'ensemble, rails, traverses et crémaillère est utilisé comme conducteur de retour pour le courant. La communication électrique entre les rails est assurée au moyen de câble souple en cuivre solidement fixé aux extrémités des rails. Le courant est distribué le long de la voie par un rail de même type que les rails porteurs mais retournés, c'est-à-dire avec la face plane en dessus. Ce rail est soutenu à environ 50 cm au-dessus du sol au moyen de tiges de fer fixées aux traverses métalliques. Ces tiges de fer s'engagent à leur extrémité dans un fort isolateur de porcelaine scellé sur la tige. Le rail conducteur est maintenu par son champignon sur l'isolateur par des mâchoires en deux pièces serrées sur la tête de l'isolateur avec interposition d'une feuille de plomb. Les différentes sections dont se compose ce conducteur sont aussi reliées électriquement entre elles par un câble en cuivre, et, de distances en distances, le rail est complètement interrompu sur une distance de 50 à 60 cm pour laisser libre jeu aux effets de dilatation et de contraction.

Les prises de courant sont étudiées pour qu'un seul frotteur puisse recueillir le courant nécessaire à la voiture, qui porte deux frotteurs afin d'avoir toujours contact permanent avec le rail.

Digitized by Google

Usine génératrice. L'usine génératrice est située sur l'Arve, près du confluent du Viaison en face de l'endroit où cette dernière rivière est traversée par le viaduc servant au passage de la ligne d'Annecy à Annemasse. Un coude très accentué de la rivière est traversé en tunnel par le canal de décharge afin d'obtenir une chute de 3 m. Le bâtiment des machines est construit sur la rive droite de la rivière avec des dimensions suffisantes pour que l'on puisse y installer trois groupes de 250 HP.

Il n'y a actuellement que deux groupes installés. Chacun d'eux se compose d'une turbine à axe vertical construite par la Maison Rieter de Winterthour, ce sont des turbines Girard à injection particlle. A la vitesse de 45 tours par minute chaque turbine peut développer 250 HP au maximum et est accouplée directement à une dynamo.

Une troisième turbine sert à actionner l'excitatrice, cette turbine seule est munie d'un régulateur à servo-moteur système de Morsier, ingénieur, à Bologne.

Le poids de la turbine, de l'arbre et de l'induit de la dynamo est équilibré par un pivot à cannelures.

Ces machines génératrices du système Thury sont à douze pôles et construite pour développer normalement 1000 HP à 180 tours par minute, elles travaillent donc à vitesse et à puissance très réduites, ce qui donne une très grande sécurité de fonctionnement.

Ces machines sont à excitation séparée, leur enroulement inducteur étant parcouru par un courant de 45 ampères en moyenne. Le poids de cuivre sur les inducteurs atteint 1450 kg. Les plaques d'aimant sont en fer forgé et les pièces polaires en fonte. L'induit dont le diamètre est de 2,50 m est à tambour à enroulement multipolaire Thury formé de 451 sections donnant un poids de cuivre total de 178 kg. Le collecteur de 451 sections a un diamètre extérieur de 1,800 m. Le courant est recueilli au moyen de 48 frotteurs en charbon cuivré disposés par séries de 4 sur 12 bras. La machine fournit 600 volts et 280 ampères, son poids est de 18 tonnes.

Le courant nécessaire pour l'excitation des génératrices est fourni par une dynamo spéciale commandée par une turbine de 20 HP. Le réglage de la tension sur la ligne s'obtient uniquement par l'excitatrice, les turbines principales n'ayant pas de régulateur, varient de vitesse suivant la charge, mais étant noyées ne peuvent pas s'emballer.

L'excitatrice par contre (commandée par une turbine à régulateur de vitesse) est à excitation compound, le courant principal traverse les aimants et renforce l'excitation de l'excitatrice et par là des génératrices en cas de l'augmentation de la charge sur la ligne. Le réglage automatique électrique dont l'excitatrice est également pourvue suffit à assurer une tension suffisamment constante.

Ligne. A sa sortie du bâtiment des machines on a disposé sur la ligne un poste de parafoudres à condensateur et amortisseur destiné à préserver les machines et appareils en cas de décharges atmosphériques frappant directement la ligne en un point quelconque de son parcours. Ces parafoudres utilisent à la fois les propriétés des bobines à forte self-induction et celles des condensateurs.

La ligne raccordant l'usine génératrice à la voie du chemin de fer a une longueur de 1800 m, elle est posée rigoureusement en ligne droite. Les câbles sont en cuivre nu de haute conductibilité et ont 430,2 mm de section. Ils viennent se souder

Digitized by Google

à la voie près de la station de Monnetier-Mairie, point de raccordement des trois lignes à égale distance de Veyrier, d'Etrembières et des Treize-Arbres.

Voitures. Les voitures automobiles contenant 40 places sont munies chacune de deux moteurs de 50 HP pouvant en développer 60 en coup de collier. Ces moteurs font normalement 600 tours par minute et attaquent la crémaillère par un double engrenage réducteur qui réduit le nombre des tours dans la proportion de 13 à 1. Les voitures suivant la rampe plus ou moins accentuée sont animées de vitesses variant entre 1,50 et 3 m par seconde.

La prise de courant pour les voitures se fait au moyen de deux frotteurs pour chaque côté de la voiture. Ces frotteurs sont en bronze, et sont pourvus de ressorts de pression assurant un bon contact malgré les vibrations. Le retour au rails se fait par l'intermédiaire du châssis de la voiture et des roues.

Avant d'arriver aux moteurs le courant passe par des parafoudres et par une série de résistances au moyen desquelles on peut faire varier la vitesse et obtenir un démarrage progressif, sans secousses.

L'appareil de mise en marche outre la manette servant au réglage de la vitesse renferme un commutateur qui permet d'obtenir la marche en avant et la marche en arrière en changeant le sens du courant dans les induits. Un ampèremètre placé sous les yeux du mécanicien lui permet de se rendre compte à chaque instant des conditions de fonctionnement des moteurs.

Le courant nécessaire pour l'éclairage est pris en dérivation sur la ligne principale. L'éclairage emploie 5 lampes de 16 bougies montées en série. Trois de ces lampes éclairent l'intérieur du wagon, les deux autres sont disposées dans des lanternes disques d'avant et d'arrière. Sur le circuit de ces lampes, on a disposé un rhéostat permettant de régler la tension.

Pour des véhicules circulant sur des pentes de 25 %, la question de freinage est des plus importantes. Au Salève elle est assurée par trois dispositions dont deux électriques et une mécanique.

La première solution électrique, la plus énergique, consiste à renverser le courant dans les moteurs, ce qui provoque l'arrêt immédiat. Elle est peu employée à cause des secousses violentes qui résultent de sa rapidité d'action.

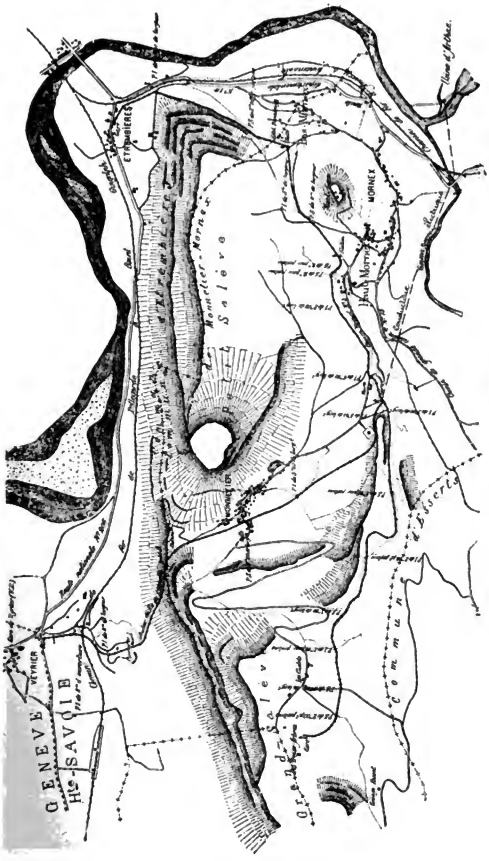
La seconde, la plus employée, consiste à faire tourner les moteurs comme génératrices et à dépenser sous forme de chaleur le courant produit dans les résistances de réglage. En diminuant la résistance jusqu'à la fermeture en court-circuit on provoque l'arrêt complet sur les rampes les plus fortes.

Le freinage mécanique se compose de deux freins à vis actionnant, au moyen de tringles, 4 paires de machoires en bronze agissant sur les poulies à gorges fixées sur l'arbre des moteurs. Un seul de ces freins doit suffire pour provoquer l'arrêt complet de la voiture avec un effort de 6 kilog. seulement sur la manette. Ce freinage est pourvu d'une circulation d'eau abondante, son fonctionnement étant presque impossible si cette condition n'est pas remplie. Des réservoirs cylindriques placés sur les plate-formes fournissent l'eau nécessaire.

Les différentes stations du chemin de fer sont reliées entre elles et avec la station génératrice au moyen d'un réseau téléphonique complet.

Digitized by Google

Chemin de fer électrique du Mont Salève.



1 Carte. Echelle 1 : 30000.

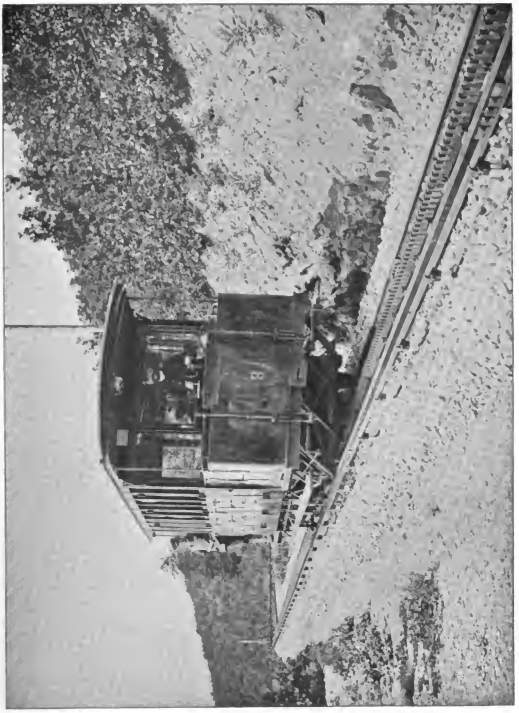
Digitized by Google

Chemin de fer électrique du Mont Salève.

2. Vue de la ligne.

Digitized by Google

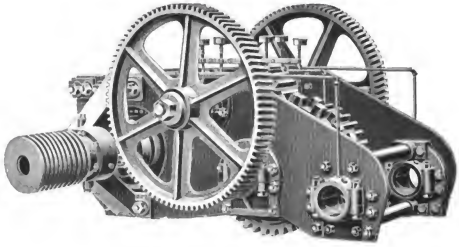
Chemin de fer électrique du Mont Salève.



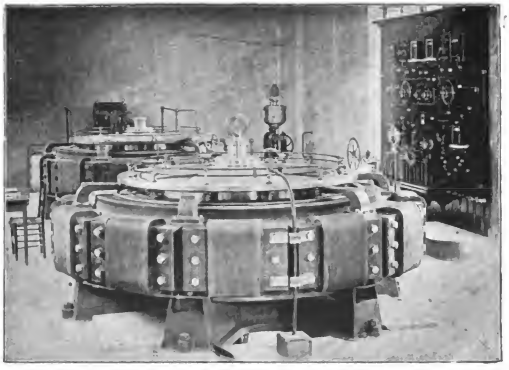
3. Voiture.

Digitized by Google

Chemin de fer électrique du Mont Salève.



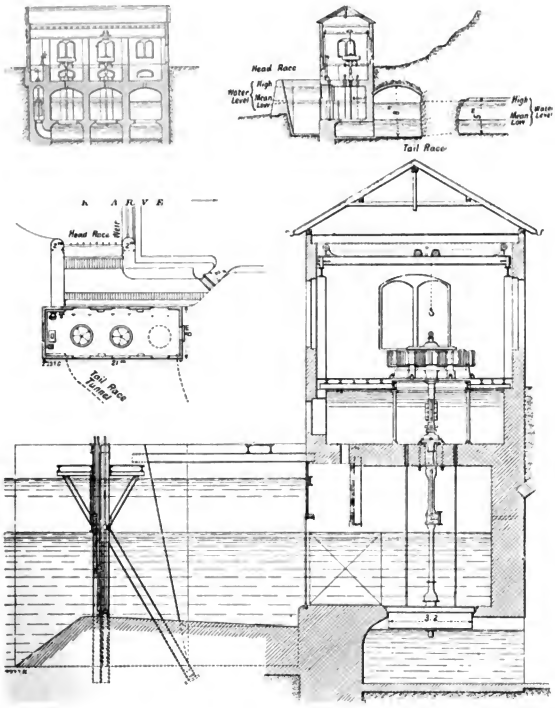
4. Moteur d'une voiture.



5. Station génératrice à Arthaz. — Intérieur.

Digitized by Google

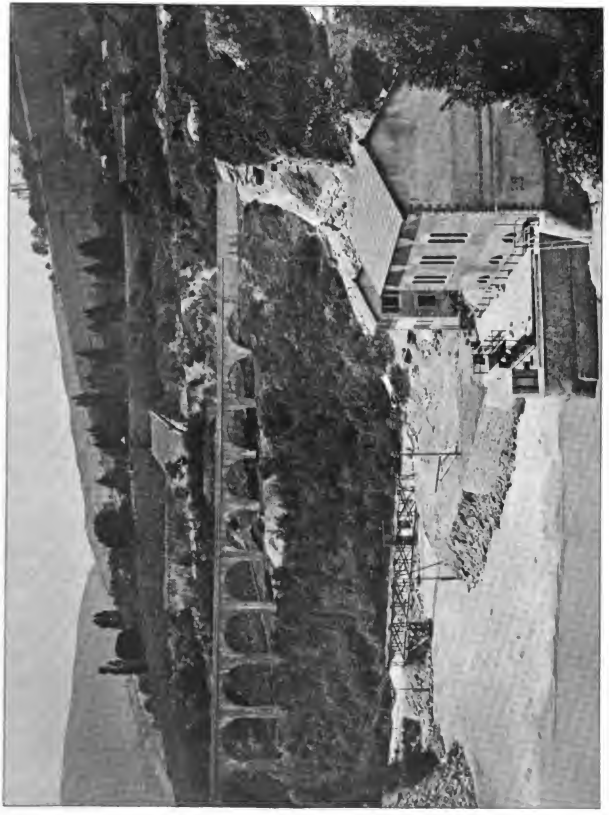
Chemin de fer électrique du Mont Salève.



6. Station génératrice à Arthaz. – Coupes.

Digitized by Google

Chemin de fer électrique du Mont Salève.



7. Station génératrice à Arthaz. — Vue extérieure.

Digitized by Google

Distribution électrique du Val de Travers.

Propriété de l'Association des Communes du val de Travers.

Construite en 1895–96. — Mise en service le 15 Février 1896.

Constructeurs:

Entreprise générale: par la **Cie. de l'Industrie Electrique Sécheron Genève.**
Tuyauterie sous pression et turbines: Société anonyme des ateliers de constructions mécaniques de **Escher Wyss & Cie. à Zurich.**
Partie électrique: **Cie de l'Industrie électrique, Sécheron Genève.**
Batteries d'accumulateurs: **Société suisse pour la construction d'accumulateurs électriques à Marly-le-Grand** près Fribourg.

Force motrice:

La rivière la Reuse.

Système électrique: Distribution en série intensité constante, lignes aériennes. Usines transformatrices avec batteries d'accumulateurs pour l'éclairage.
Longueur du réseau primaire: 35 Kilomètres.
Eclairage alimenté: équivalent en lampes de 16 bougies: 6000 lampes.
Force distribuée sur les réseaux secondaires: 15 Moteurs, représentant 54 HP.
Force distribuée sur le réseau primaire: 11 Moteurs, représentant 276 HP.

Digitized by Google

Distribution de force à grandes distances par courant continu système Thury dit en série ou à intensité constante.

Ce système consiste à produire à la station génératrice, un courant à intensité constante et potentiel variable qui est utilisé par des moteurs insérés tous en série.

On obtient la constance de l'intensité en faisant varier la vitesse ou l'excitation des génératrices soit à la main soit par un régulateur automatique.

Une vitesse régulière des moteurs peut être maintenue par un régulateur automatique, ou dans certains cas par un réglage à la main, agissant sur le champ magnétique du moteur, qui, en charge, marche à plein champ et dont l'excitation est réduite par un shuntage avec la charge.

La ligne est, d'une manière générale, composée d'un seul fil ou câble qui part de la station génératrice, passe dans tous les moteurs et revient au point de départ.

Les points à alimenter peuvent être échelonnés le long d'une ligne unique ou disposés en boucle sans que cela entraine aucune complication de fils de distribution. On peut sans inconvénient admettre une perte quelconque sur la ligne sans aucune influence sur le fonctionnement de la distribution.

Les moteurs utilisent sur le circuit une pression correspondante à leur puissance qui est sans danger; le seul isolement qui doive résister à la tension totale est celui contre la terre, il est très facile à réaliser au moyen d'isolateurs en porcelaine. Les variations de travail, la mise en marche ou l'arrêt d'un moteur n'influe pas sur les autres moteurs.

Distribution électrique du val de Travers.

Installations hydrauliques. L'**usine génératrice** se trouve au-dessous de Noiraigue à l'entrée des Gorges de la Reuse et porte le nom d'Usine de Plan de l'Eau.

Au sortir de l'Usine génératrice, l'eau de la Reuse est reprise, pour être utilisée dans l'Usine de Champ du Moulin à l'élévation d'eau de la Chaux-de-Fonds.

La **prise d'eau** de l'Usine du Plan de l'Eau se trouve à l'endroit où cette rivière quitte le Val-de-Travers pour entrer dans les gorges qui la conduisent au lac de Neuchâtel.

Digitized by Google

Le **canal d'amenée** taillé dans le roc sur une longueur de 700 m permet d'obtenir une chute de 29 m. Le débit de la rivière est très variable, on admet comme basses eaux utilisables un volume de 2 m-cube à la seconde. Le tunnel aboutit dans un sas de distribution qui contient une deuxième grille, un déversoir de trop plein et les vannes nécessaires au réglage du débit et à la vidange.

La **conduite forcée** a un diamètre intérieur de 1,600 m et 145 m de longueur.

L'**usine** est construite pour 5 groupes générateurs dont un de réserve, mais n'en contient actuellement que trois.

Turbines. Les turbines sont à axe horizontal, système Girard avec tube d'aspiration de 2 m de hauteur. Elles peuvent produire un travail de 250 HP. à la vitesse de 325 tours par minute, et sont accouplées directement aux génératrices par l'intermédiaire de manchons élastiques à bagues de caoutchouc, système Raffard.

Partie électrique. **Génératrices.** Les génératrices sont du type Thury, HEC à 6 pôles, excitation en série, alésage 1,100 m, enroulement à anneau gramme. Leur régime de pleine charge est de 65 ampères sous 2600 volts de pression. La pression d'essai de ces machines est de 3700 volts. A 12 tours environ elles s'excitent et débitent en court-circuits le courant de régime.

La force motrice disponible en basses eaux ordinaires permet d'utiliser 4 groupes en service, ces groupes, associés en tension, produisent un courant de 65 ampères sous la pression totale de 10400 volts.

Ligne. La ligne primaire est double sur toute sa longueur, elle est formée de 2 fils de 10½ mm de diamètre en cuivre nu de haute conductibilité, elle part de l'Usine génératrice pour aboutir au village de Fleurier qui est le plus éloigné, la longueur du circuit est d'environ 35 km.

La ligne sert à alimenter dans le Val-de-Travers les communes de Noiraigue, Travers, Couvet et Fleurier.

Le fil est supporté par des isolateurs à double cloche de grande dimension.

Dans chacun des villages une boucle en câble isolé de 90 m² de section se détache de la ligne et alimente les stations d'éclairage et les moteurs industriels.

Moteurs. Les moteurs les plus importants sont ceux qui sont utilisés pour les stations d'éclairage, ils sont accouplés directement avec une ou deux génératrices secondaires qui produisent du courant continu à 125 volts et alimentent des réseaux locaux.

D'autres moteurs servent à diverses industries: ateliers de mécanique, fabriques de ciment, scieries.

Un moteur est installé dans une carrière pour l'extraction de la pierre à ciment au moyen de wagonets traînés sur un plan incliné. Ce moteur n'est pas pourvu d'un réglage automatique de vitesse, mais se règle à la main au moyen d'un levier qui agit sur l'excitation en série en faisant passer le courant dans un nombre plus ou moins grand de spires. Le champ magnétique et par suite le travail produit peuvent varier dans de grandes proportions. Le moteur peut tourner dans les deux sens, et, à la descente des wagonets, agit comme frein électrique, il travaille alors en génératrice et augmente le voltage de la ligne.

Digitized by Google

Stations d'éclairage. La consommation d'éclairage et de force motrice se fait simultanément en hiver et dépasse la puissance disponible à la station génératrice. Il est donc nécessaire de recourir dans ce cas à des batteries d'accumulateurs qui sont chargées pendant la nuit ou pendant la journée, en parallèle avec la distribution de force motrice et qui au commencement de la soirée peuvent fournir l'éclairage en parallèle avec les groupes transformateurs.

Les **réseaux locaux** sont tous aériens à deux ou trois fils suivant leur importance, ils alimentent outre l'éclairage public et privé un certain nombre de petits moteurs de faible puissance.

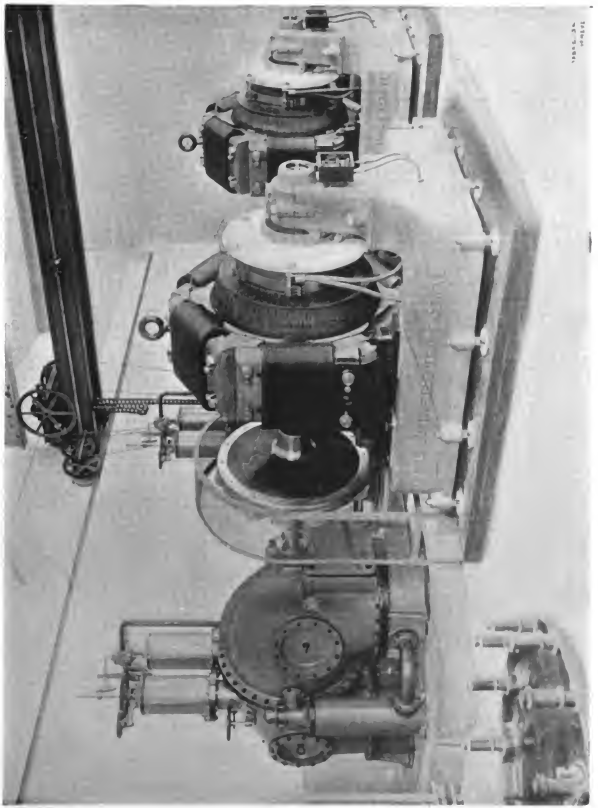
Digitized by Google

Installations électriques du Val-de-Travers.

1. Vue extérieure de l'Usine génératrice.

Digitized by Google

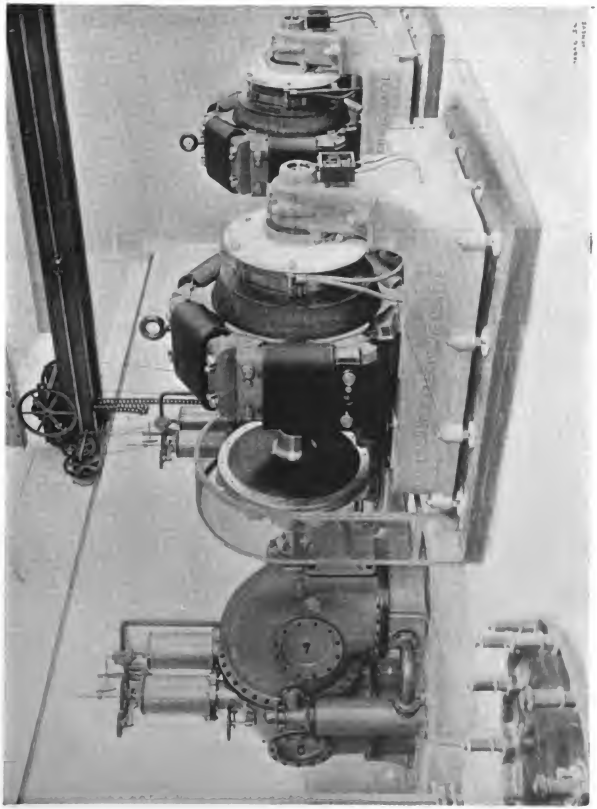
Installations électriques du Val-de-Travers.



2. Vue intérieure de l'Usine génératrice.

Digitized by Google

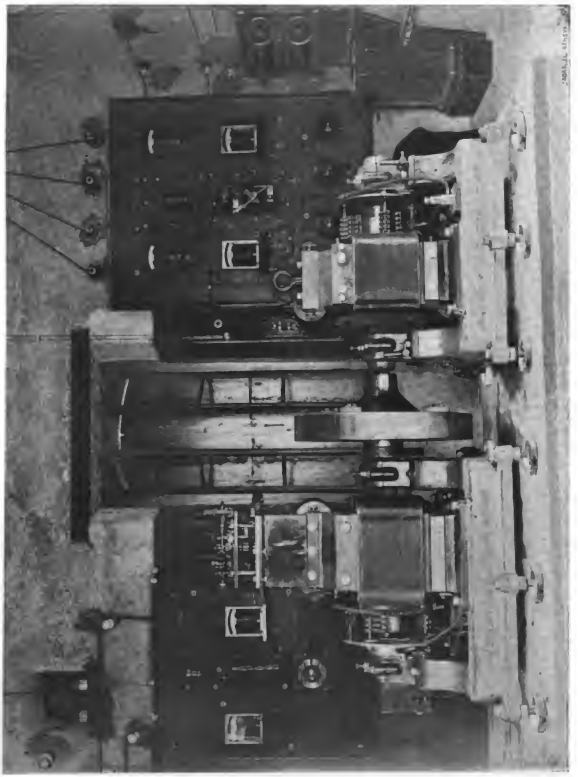
Installations électriques du Val-de-Travers.



2. Vue intérieure de l'Usine génératrice.

Digitized by Google

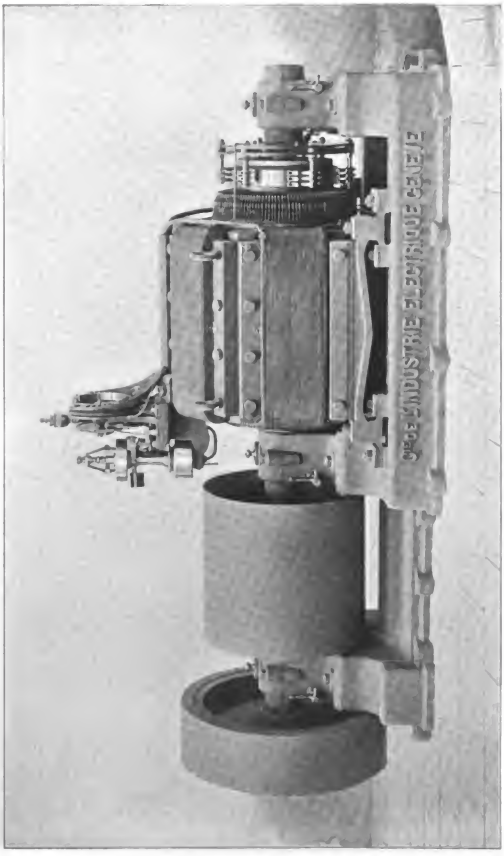
Installations électriques du Val-de-Travers.



3. Station transformatrice à Travers.

Digitized by Google

Installations électriques du Val-de-Travers.



4. Moteur Série avec régulateur de vitesse.

Digitized by Google

DISTRIBUTION ELECTRIQUE A LA CHAUX-DE-FONDS ET AU LOCLE.

PROPRIETE DES COMMUNES DE CHAUX-DE-FONDS ET DU LOCLE.

Construite en 1895 1896.

Constructeurs:

Direction générale des travaux: **M. H. Mathys,** Président de la Commission du Réseau primaire.

Entreprise générale par la **Compagnie de l'Industrie électrique à Sécheron** près Genève.

Usine génératrice de Combe-Garrot.

Tuyauterie sous pression et vannages: **Société anonyme des Ateliers de Constructions mécaniques de Escher Wyss et Cie. à Zurich.**

Turbines: **Piccard & Pictet,** Constructeurs à **Genève.**

Partie électrique: **Compagnie de l'Industrie électrique à Genève.**

Force motrice:

La rivière la Reuse.

Système électrique: Distribution en série, intensité constante, lignes aériennes.

Longueur du réseau primaire: 48 Kilomètres.

Usines transformatrices pour l'éclairage de la Chaux-de-Fonds et du Locle. Réseau secondaire de la Chaux-de-Fonds en partie aérien, les lignes principales en câbles de la Société d'Exploitation des câbles électriques système **Berthoud Borel & Cie. à Cortaillod.**

Force totale utilisable: 3600 chevaux.

Intensité dans le réseau primaire: 150 Ampères.

Tension maxima en plein développement: 14400 Volts.

Digitized by Google

Distribution électrique à la Chaux-de-Fonds et au Locle.

Partie hydraulique. L'Usine génératrice de Combe Garrot qui fournit à la Chaux-de-Fonds et au Locle l'énergie électrique, est également située dans les Gorges de la Reuse.

L'eau de cette rivière est utilisée en premier lieu dans l'Usine génératrice de Plan de l'Eau pour la distribution électrique du Val-de-Travers; elle dessert ensuite l'Usine de Champ du Moulin, puis *l'Usine de Combe Garrot.*

A la sortie de l'usine de Champ du Moulin l'eau de la rivière est reprise et conduite par un tunnel de 1 kilomètre de longueur au sas de distribution dans lequel la quantité d'eau disponible est partagée, une partie de la force étant concédée à la ville de Neuchâtel et l'autre aux Communes de Chaux-de-Fonds et du Locle.

La chûte disponible à cette usine de *Combe Garrot* est de 80 m.

La *conduite forcée* a 1 m 100 de diamètre et 200 m de longueur.

L'usine est construite pour 9 groupes générateurs de 400 HP. dont 4 sont actuellement installés.

Turbines. Les turbines sont à axe horizontal, munies d'un dispositif de réglage à servo-moteur et peuvent produire un travail de 400 HP. à la vitesse de 310 tours par minute.

Le servo-moteur qui commande le distributeur de chaque turbine doit être actionné par une transmission commandée elle-même par un moteur électrique de manière à ce que la puissance utilisée corresponde toujours à la force distribuée et que l'intensité du courant soit ainsi maintenue d'une manière constante.

Les turbines sont accouplées aux machines dynamos par l'intermédiaire de manchons à bagues de caoutchouc, système Raffard.

Partie électrique. **Génératrices.** Les génératrices sont des machines Thury type HF à excitation en série, alésage 1 m 250, enroulement en tambour. Elles peuvent à pleine charge atteindre la pression de 1800 volts avec un courant d'intensité constante de 150 ampères et sont essayées à la tension de 2700 volts.

La force motrice disponible en basses eaux ordinaires permet d'actionner simultanément 8 groupes générateurs qui produiront une tension totale de 14 400 volts.

Service de l'usine. Pour mettre en marche une génératrice, il suffit d'ouvrir le distributeur de la turbine et de manœuvrer un interrupteur en consultant uniquement l'intensité du courant.

La seule chose à faire pour arrêter consiste à fermer le distributeur de la turbine et la génératrice se met d'elle-même en court circuit.

Digitized by Google

Ligne. Au départ de l'Usine génératrice la ligne s'élève rapidement pour sortir des gorges et franchir à la cote 1300 m la chaîne du Jura qui sépare les gorges de la Reuse de la Chaux-de-Fonds et se trouve à 770 m au-dessus de l'Usine génératrice.

Sur une longueur de 10 kilom. depuis l'Usine les deux circuits sont placés sur les mêmes poteaux, puis l'un des conducteurs est dirigé sur la Chaux-de-Fonds, passe ensuite au Locle et revient au point de bifurcation.

La section du câble est de 150 mm², sa longueur totale est de 48 km, en tenant compte des boucles locales destinées à la distribution de la force motrice.

A pleine charge la perte en ligne sera de 675 volts soit de 4,6 %.

Moteurs. Les moteurs prévus actuellement, soit à la Chaux-de-Fonds, soit au Locle, sont destinés essentiellement à la distribution à basse tension pour l'éclairage.

Tous les moteurs au-dessus de 5 HP. pourront être alimentés par le courant primaire et les moteurs de plus faible puissance seront placés sur les réseaux de distribution secondaires à basse tension.

La mise en marche d'un moteur se fait en ouvrant l'interrupteur qui le met en court circuit. Sous l'influence du régulateur le moteur atteint graduellement sa vitesse et n'absorbe à ce moment que le voltage nécessaire pour vaincre sa résistance intérieure ce qui permet d'éviter tout rhéostat de mise en marche.

Pour arrêter un moteur, on en réduit la charge en diminuant l'excitation, au moyen du régulateur manoeuvré à la main, puis on met le moteur en court circuit au moyen d'un interrupteur.

Pour éviter un accident lorsque la vitesse dépasserait accidentellement la normale chaque moteur porte un déclancheur qui met le champ en court circuit en cas d'emballement.

Un déclancheur automatique de tension est prévu pour éviter qu'en cas de surcharge un moteur n'absorbe plus de pression que sa capacité ne le comporte.

Usine transformatrice de Chaux-de-Fonds. La distribution à basse tension est assurée pas trois groupes de 150 kw. et deux groupes de 75 kw. Les groupes de 150 kw. sont composés d'un moteur série accouplé directement avec une génératrice secondaire.

Les groupes de 75 kw. sont composés d'un moteur série accouplé avec deux génératrices secondaires à 155 volts.

La distribution se faisant à trois conducteurs, pour lampes à 150 volts, les groupes principaux travaillent sur les fils extrêmes de la distribution à trois fils et les petits groupes servent à équilibrer les deux circuits.

Deux des génératrices secondaires de 150 kw. sont établies pour une tension de 330 volts mais leur enroulement est calculé de manière à ce qu'elles puissent travailler à la tension de 500 volts.

Le troisième groupe est établi pour la tension de 500 volts et doit servir à alimenter une ligne de tramway actuellement en construction et éventuellement des moteurs.

Usine transformatrice du Locle. Le réseau secondaire du Locle qui est utilisé pour une distribution de 150 volts à trois conducteurs a été établi par la Cie. de l'Industrie Electrique en 1890; il est alimenté directement par une Usine hydraulique qui se trouve à 3 km environ du centre de distribution.

Digitized by Google

Le développement très rapide qu'a pris au Locle la distribution d'éclairage et de force motrice, (elle atteint pour une population de 12 000 habitants, 4000 lampes représentant 40000 bougies et 56 HP. de force distribuée par 31 petits moteurs au-dessous de 6 HP.) ayant utilisé complètement la force hydraulique disponible a nécessité, pour son développement normal et pour permettre la distribution de force à des moteurs plus importants, la création des nouvelles installations des Gorges de la Reuse.

Pour le moment l'Usine transformatrice du Locle se compose d'un seul groupe de 150 kw. comprenant un moteur série et deux génératrices secondaires à 165 volts.

Réseau secondaire de Chaux-de-Fonds. Les principaux feeders sont souterrains en câbles sous plomb armé du système Berthoud Borel und Cie.

Les feeders souterrains alimentent, par l'intermédiaire de parafoudres à souffleurs magnétiques, des réseaux de distribution aériens en dehors de la partie centrale de la ville.

Digitized by Google

Installations électriques de Chaux-de-fonds et du Locle.

1. Vue de la conduite forcée (en construction).

Digitized by Google

Installations électriques de Chaux-de-fonds et du Locle.

2 Vue extérieure de l'Usine génératrice.

Digitized by Google

Installations électriques de Chaux-de-fonds et du Locle.

3. Vue de la ligne.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".

(Berner Jura.)

Eigentum der „Société électrique de la Goule"

Erbaut 1893/94. — Eröffnet 22. Dez. 1894.

Erbauer:

Wasser- und Kunstbauten: **F. Rothacher & Cie., St. Imier.**
Bauleitung: **F. W. Smallenburg,** Ingenieur, **Zürich.**
Turbinenanlage: Aktiengesellschaft **Escher Wyss & Cie., Zürich.**
Elektrische Anlage: **Maschinenfabrik Oerlikon.**

Betriebskraft:

Wasserkraft des Flusses ***»Doubs«.***

Elektrisches System: Einphasen-Wechselstrom mit 5000 Volt primärer und 2 × 120 Volt (Dreileiter) sekundärer Spannung. Licht und Kraft in Primärleitungen getrennt. Grosse Transformatorenstationen. Oberirdische Primär- und Sekundär-Leitungen.

Wirkungskreis: Licht- und Kraftabgabe an eine grosse Zahl umliegender Ortschaften des bernischen und französischen Jura.

Anschluss des Elektricitätswerks St. Imier mittelst Umformung auf Gleichstrom. Radius des Versorgungsgebietes ca. 20 km.

Leistung und Ausdehnung:

Wasserkraft: 2000 HP minimal, normal 4000 HP.
Wasserbauten für 4000 HP genügend.
Turbinen und Generatoren: 4 × 500 = 2000 HP.
Primärleitungen mit 34,1 km einf. Länge.
252 km Drahtlänge.
84 Tonnen Kupfergewicht.
Transformatorenstationen und Sekundärleitungen dementsprechend in 17 Ortschaften.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".

Allgemeines. An einer unterhalb der Gemeinde Noirmont gelegenen Stelle hat ein von französischer Seite kommender Bergsturz im 14. Jahrhundert den Doubs überschüttet und quer durch den Fluss eine Art natürliches Wehr gebaut. Das auf diese Weise gestaute Wasser bildet stromaufwärts einen kleinen See, genannt „La Goule" und erreicht erst nach einer Reihe kleinerer Wasserfälle das alte Bett. Die Niveaudifferenzen zwischen dem See und dem alten Bett betragen auf eine Strecke von unfähr 550 m rund 25 m.

Ein Konsortium in St. Imier erhielt im November 1891 von der französischen Regierung — das schweizerische Ufer bildet die Landesgrenze, der Wasserlauf selbst gehört zu Frankreich — die Konzession, an dieser Stelle eine Licht- und Kraftcentrale zu bauen und zu betreiben. Die Konzession enthält keine zeitliche Beschränkung der Konzessionsdauer, keine Beschränkung hinsichtlich Verwendung der gewonnenen Kraft und verlangt auch keine Konzessionsgebühren.

Am 2. Dezember 1893 fand die Konstituierung der „Société des forces électriques de la Goule" mit einem Kapital von $1^1/_2$ Millionen Franken durch die erste Generalversammlung der Aktionäre, am 22. Dezember 1894 die Inbetriebsetzung des Elektricitätswerkes statt.

Wasserkraftanlage. Das zur Verfügung stehende Wasserquantum wurde während längerer Zeit durch verschiedene Beobachter bestimmt. Die meist interessierenden Wassermessungen sind folgende:

1. 25. Januar 1891 nach einer atmosphärischen Trockenperiode von ungefähr 3 Monaten . . . . . 11.5 m^3 p. Sekunde.
2. 25. Juni 1891 . . . . . 24.5 m^3 „ „
3. 1. Juni 1892 . . . . . 11.6 m^3 „ „
4. 27. September 1892 . . . . . 8.5—8.75 m^3 „ „
5. Oktober und November 1892 . . . . . 8.0 m^3 „ „
6. 19. Mai 1893 nach längerer atmosphärischen Trockenperiode . . . . . 6.21 m^3 „ „

Als „Mittel der ordentlichen Kleinwasserstände" konnte 8 m^3 per Sekunde angenommen werden. Wasserfassung, Kanal und Druckleitung sind für 4000 HP (16 bis 18 m^3), das Turbinenhaus für 2000 HP (8 m^3) gebaut. Wenn später die Möglichkeit vorhanden, die weiteren, während etwa 10 Monaten vorhandenen 2000 HP zu plazieren, so kann der Ausbau ohne Störung des Betriebes vorgenommen werden.

Die Totallänge des *Kanals* beträgt 520 m, wovon 440 m in Tunnel, Fig 1—9. Beim Einlauf, auf einer Länge von 50 m und bei der Ausmündung auf eine Länge

Digitized by Google

von 80 m wurde Profil a Fig. 3, im übrigen Teil des Tunnels Profil b Fig. 4 angewendet. Beim *Tunneleingang* befindet sich ein grosser *Doppelrechen* und starke *Einlaufschleusen*, ca. 80 m von der Einmündung entfernt eine Seitenschleuse — Kiesfalle — und weiter abwärts zwei Oeffnungen die als Ueberläufe dienen. Das Totalgefälle des Kanals beträgt 40 cm oder nicht ganz 1‰. — Die *Druckleitung* hat einen inneren Durchmesser von 2,25 m. Die Wassergeschwindigkeiten im Kanal variieren zwischen 1.98 m und 2.30 m in der Sekunde; in der Druckleitung beträgt sie 2.14 m für 2000 HP.

Das *Turbinenhaus* Fig. 10 (27 m auf 10 m) wurde für 4 Turbinen à je 500 HP gebaut. In demselben befinden sich auch eine kleine Werkstatt und ein Bureau. Neben dem Turbinenhaus wurde ein Gebäude mit verschiedenen *Einzelwohnungen* für das Bedienungspersonal erstellt.

Turbinen sind vorläufig drei aufgestellt. Jede derselben leistet, bei 200 Umdrehungen per Minute 500 HP; sie sind, mit vertikalen Achsen, seitlich an der Druckleitung angebracht und haben hydraulische Entlastung für 12,500 kg.

Elektrische Anlage. Um den Einfluss der Motoren auf das Licht bei Anschluss an ein gemeinsames Netz zu verhindern, sind sowohl Primär- als Sekundärleitungen wie auch die Transformatoren für Licht und Kraft vollständig getrennt. Auch die Generatoren arbeiten getrennt, können aber nach Belieben für den einen oder andern Betrieb verwendet werden.

Elektrische Einrichtung in der Centralstation. Wie aus den Fig. 12, 13 und 15 ersichtlich, sind drei Einphasen-Wechselstrom-*Generatoren* à je 500 HP in vertikaler Anordnung direkt über den drei Turbinen aufgestellt; jede derselben leistet bei 200 Umdrehungen per Minute 63 Amp. und 5500 Volt; die Periodenzahl beträgt 50 per Sekunde. — Die stillstehende Armatur besteht aus 30 Spulen; das Magnetfeld wird durch eine einzige Spule erzeugt, welcher der Strom durch zwei Schleifringe zugeführt wird. Das Totalgewicht der Maschine beträgt 22300 kg, der Durchmesser des Magnetrades 2.50 m. Jeder Generator hat eine separate Erregermaschine, die mittelst Transmission von der gleichen Turbine angetrieben wird wie der Generator. Die Erregung erfordert für einen Wechselstrom-Generator 2400 Watt.

Von den Wechselstrom-Generatoren und den Erregermaschinen aus führen die *Leitungen* unterirdisch in Kanälen zur *Apparatenwand* Fig. 16. Dieselbe enthält auf drei Feldern die notwendigen Regulier-, Mess- und Schaltapparate. Vom Felde links gehen die Lichtstromkreise, vom Felde rechts die Kraftstromkreise aus, während das Mittelfeld die Hauptausschalter für die Maschinen, die Volt- und Ampèremeter für den Wechselstrom, die Ampèremeter und die Handregulatoren für den Erregerstrom, die Phasenanzeiger für die Parallelschaltung der Wechselstrommaschinen und endlich die Doppelumschalter enthält, mit welchen jeder Wechselstrom-Generator ganz nach Belieben auf die Licht- oder Kraftstromkreise geschaltet werden kann. — Die Regulatoren für den Erregerstrom können einzeln betätigt oder gekuppelt werden. — Die *Beleuchtung* der Centrale geschieht mit 30 16-kerzigen Glühlampen.

Hochspannungsleitungen. Das Fernleitungsnetz besteht aus drei vollständig von einander getrennten Kreisen, von denen jeder eine Gruppe von Ortschaften bedient (Fig. 17). Eine weitere Leitung ist bereits in Angriff genommen, welche die auf französischem Gebiete gelegenen Ortschaften Charmauvillers, Damprichard, Charque-

Digitized by Google

mont, Maiche, Trevillers und Russey anschliessen wird. An den hauptsächlichsten Abzweigungen sind auf den Stangen Ausschalter angebracht, die von unten gefahrlos bedient werden können, Fig. 23 b. Vermittelst derselben können einzelne Stränge der Hochspannungsleitungen bei Störungen, Reparaturen oder Neuanschlüssen leicht abgeschaltet werden.

Fig. 24 zeigt im Profil die bedeutenden Niveaudifferenzen im Tracé der Hochspannungsleitungen. Auf den Berner Freibergen liegt im Winter oft bis zu 2 m tief Schnee, wodurch die Begehung der Leitung zeitweise fast unmöglich wird. Ausserdem wird das Plateau von sehr heftigen Stürmen heimgesucht. Diese Umstände bedingen eine ausnahmsweise Stabilität der Leitungen und wurden aus diesem Grunde die Hauptleitungen mit Doppelgestänge versehen. Dasselbe besteht aus zwei gegeneinander geneigten, imprägnierten Holzstangen von 10—12 m Länge und 14—18 cm Zopfende, die oben durch zwei kräftige Eisenbolzen verschraubt sind, Fig. 18. — Die Stangen sind im Mittel 1.5 m in den Boden eingelassen etc.; $^2/_3$ derselben stehen in felsigem Boden und es mussten die Löcher dafür ausgesprengt werden. Die mittlere Stangendistanz beträgt 45 m. Der Durchhang der Kupferdrähte wurde, zur Vermeidung der mechanischen Beanspruchung der letzteren und der Stangen, statt wie sonst üblich auf 1—$1^1/_2$%, auf 2% der Stangenabstände reguliert. — Die Verbindung der Drähte von über 6 mm Durchmesser geschah durch besondere Muffen, die mit den Drähten fest verlötet sind. — Die gesamte Länge der Hochspannungsleitungen beträgt 34.1 km mit 252 km Drahtlänge. Das gesamte Kupfergewicht derselben beträgt 84000 kg oder per Pferdekraft $\frac{84000}{1500} = 56$ kg. — Fig. 21 zeigt eine Bahnunterführung der Hochspannungsleitung.

Transformatorenstationen und Sekundärleitungen. Alle Transformatoren für Licht und Kraft sind einzeln oder in Gruppen mit den erforderlichen Apparaten in besonderen, gemauerten Häuschen untergebracht, Fig. 20 ~~and 21~~. Um mit Rücksicht auf die hohe primäre Betriebsspannung von 5000 Volt das Einführen der Hochspannungsleitungen in die Ortschaften möglichst zu beschränken, wurde in jeder derselben nur eine Transformatorenstation errichtet. Zahl und Grösse der in den einzelnen Stationen untergebrachten Transformatoren für Licht und Kraft richtet sich natürlich nach der Bedeutung der einzelnen Ortschaften und giebt hierüber Fig. 13 genügend Auskunft.

Von jeder Transformatorenstation gehen 2 getrennte sekundäre Leitungsnetze aus, das eine für Licht, das andere für Kraft. Dieselben sind nach dem Dreileitersystem angeordnet und wie die Hochspannungsleitungen oberirdisch, meistens auf Stangen geführt. Die Motoren sind im normalen Betriebe auf die beiden Aussenleiter geschaltet; der Mittelleiter findet nur beim Anlaufen der Motoren Verwendung. Die erforderlichen Apparate sind, für die Hoch- und Niederspannungen getrennt, auf Marmorplatten aufmontiert.

Einphasen-Wechselstrommotoren. Fig. 24 zeigt einen Einphasen-Wechselstrommotor der Maschinenfabrik Oerlikon, Fig. 25 den für den Anschluss an ein sekundäres Dreileiternetz angewendeten Anlassapparat, Fig. 26 das Schaltungsschema desselben. Um die erforderl. Anlaufstromstärke der Motoren noch mehr zu reduzieren als dies bei Anbringen einer Leerrolle auf der Transmission möglich ist, bringt die Maschinen-

Digitized by Google

fabrik Oerlikon Voll- und Leerrolle auf dem Motor selbst an. Zu diesem Zwecke sind die Motoren mit einem dritten Lager ausgerüstet, das auf einem Zapfen die Leerrolle trägt. Die Inbetriebsetzung geschieht unter Verwendung des Anlassapparates in folgender Weise. Der Hebel des Umschalters H Fig. 2 der bei Stillstand des Motors eine Mittelstellung einnimmt, wird in die Stellung L gebracht. Dabei stellen die zu beiden Seiten des Umschalthebels befestigten und von einander isolierten Kupferschienen leitende Verbindung einerseits zwischen den 3 Kontakten links, anderseits zwischen den 2 Kontakten rechts von L her und man erkennt, dass der Anlaufstrom zwischen dem Mittelleiter und einem der Aussenleiter abgenommen wird, die Hauptphase an die Klemmen 1 und 2, die Hülfsphase an die Klemmen 2 und 3 des Motors angelegt ist. Hat der Anker seine normale Geschwindigkeit erreicht, was etwa ½ Minute Zeit in Anspruch nimmt, so wird der Hebel des Umschalters H rasch in die Stellung K umgelegt und während der ganzen Betriebszeit in derselben belassen. Ein Blick auf das Schema zeigt, dass dann der Betriebsstrom von den Aussenleitern abgenommen wird. Wird für die Inbetriebsetzung in den Leiter 2 des Motors eine Induktionsspule eingeschaltet, so ist der Eisenkern derselben vollständig in die Spule hineinzusenken bevor der Hebel H in die erste Stellung gebracht wird und langsam aus derselben zu heben, während der Motor sich in Drehung versetzt.

Telephonanlage. Die sämtlichen Sekundärstationen sind sowohl mit dem Bureau der Gesellschaft in St. Imier als mit der Centralstation in La Goule telephonisch verbunden. Die Telephonleitungen bestehen aus Siliciumbronzedraht, sind mit den Hochspannungsleitungen auf demselben Gestänge geführt und alle 10 Stangen gekreuzt.

Betrieb. Der Betrieb der Centralstation wird besorgt durch einen Obermaschinist und 5 weitere Maschinisten und Gehülfen. Die Anlage steht, mit Ausnahme des Sonntags, täglich 23 Stunden unter Strom. An Werktagen wird der Betrieb von 12—1 Uhr mittags, an Sonntagen von 9 Uhr morgens bis gegen 3 Uhr nachmittags eingestellt. — Je 2 Mann führen den eigentl. Betrieb; es erfolgt also Ablösung alle 8 Stunden. Jeder der Leute hat in der Woche einen freien Tag. — Ausserdem ist in jedem der Dörfer eine Person mit dem Verkauf der Glühlampen und allfälligem Einsetzen von Sicherungen etc. betraut. Dieselbe hält den Schlüssel des Transformatorenraumes in Verwahrung und ist beauftragt, die nächstgelegenen Leitungen periodenweise abzugehen und allfällige Vorkommnisse an das Centralbureau zu melden.

Abonnementstaxen. Die Abonnementstaxen auf Licht und Kraft sind wie folgt festgesetzt:

a) **Für Licht.**

Für Privatbeleuchtung Fr. 1.40 per Kerze und Jahr.
„ öffentl. Beleuchtg. „ 35 per 25 K-Lampe und Jahr.
„ 10 K-Lampen in Uhrenfabriken die dem Fabrikgesetz unterstellt sind Fr. 10 per Lampe und Jahr.

b) **Für Kraft.**

Für 1 Motor von ¼ HP per Jahr Fr. 134.
„ 1 „ „ ¾ HP „ „ „ 346.
„ 1 „ „ 1 HP „ „ „ 430.
„ 1 „ „ 1½ HP „ „ „ 600.
„ Motoren von 2—12 HP per Jahr und Pferd Fr. 325.
„ Motoren über 12 HP nach Specialabkommen.

Digitized by Google

Anlagekosten. Die Kosten der ganzen Anlage waren auf 1 410 000 Fr. veranschlagt. Die wirklichen Erstellungskosten betragen 1 423 000 Fr., die sich auf die verschiedenen Positionen wie folgt verteilen:

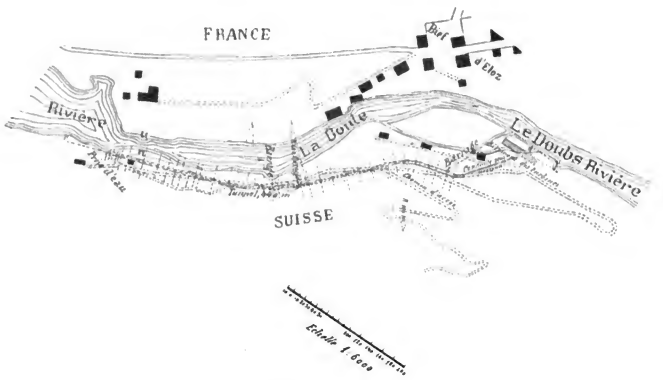
Grunderwerb, Vorarbeiten etc. etwa	Fr.	308 700
Erstellung der Wasserkraftanlage inkl. Turbinen	„	551 000
Erstellung der elektrischen Anlage	„	507 000
Diverse Anlagen	„	56 300
Total	Fr.	1 423 000

Wird von der Dimensionierung der Wasserbauten für Ausbeutung von 4000 HP abgesehen und werden obige Zahlen auf 1500 HP verteilt, so stellt sich der Preis pro Pferdekraft an der Turbinenwelle für den hydraul. Teil der Anlage allein auf 592 Fr. und für die ganze Anlage inklusive des elektrischen Teils auf 948 Fr.

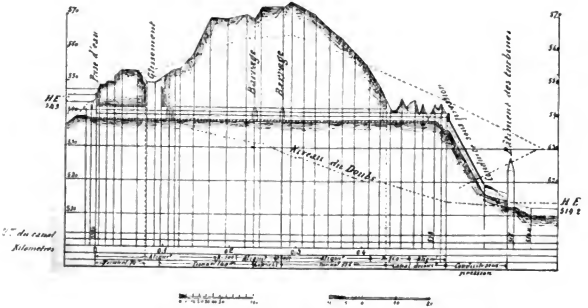
NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1895, Bd. XXVI. Seiten 144, 150, 156.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule“



1. Situation der Wasserwerksanlage.



2. Längenprofil der Wasserwerksanlage.

Digitized by Google

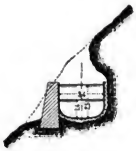
Elektricitätswerk „La Goule".

3.

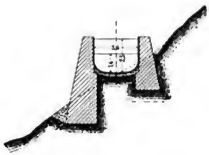
4.

5.

Tunnelprofile.



6.



7.

Kanal-Profile im offenen Einschnitt.

8.

9.

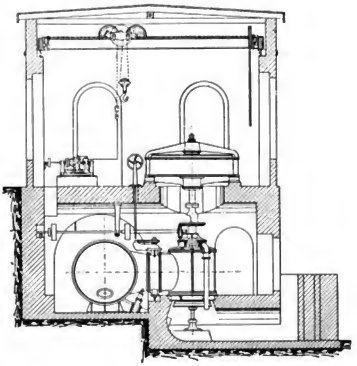
Rohrleitung.

10. Ansicht der Kraftstation.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule“.

11. Ansicht der Einlauf-Schleuse.

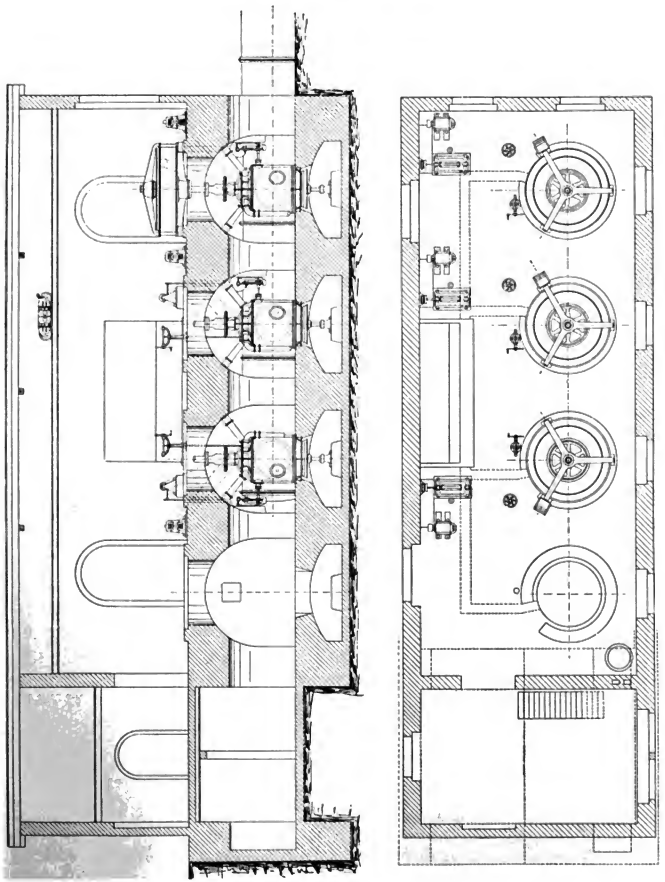


12. Querschnitt des Maschinenhauses.

1 : 50.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".



13 und 14. Längsschnitt und Grundriss des Maschinenhauses. 1:150.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".

15. Ansicht des Maschinensaales.

Digitized by Google

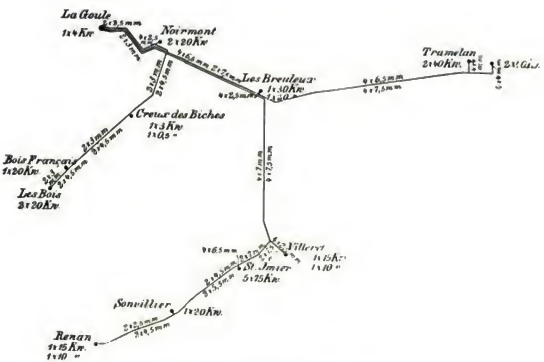
Elektricitätswerk „La Goule".

16. Schaltungsschema.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".

17. Plan des Primärleitungsnetzes.
Mit Bewilligung des eidgenössischen topographischen Bureau reproduziert.



18. Schema des Primärleitungsnetzes.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".

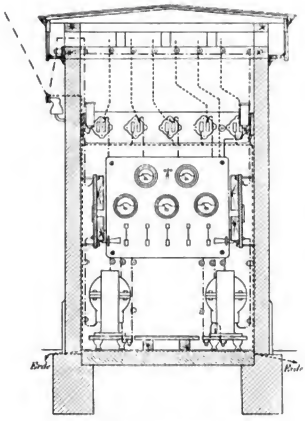
19. Ansicht der Hochspannungsleitung.

20. Längenprofil der Hochspannungsleitung.

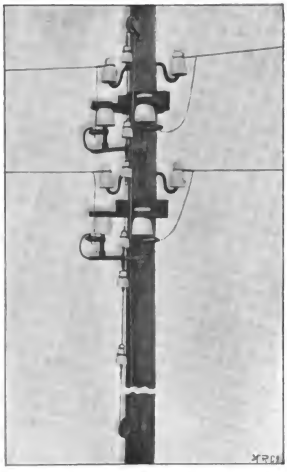
21. Bahnunterführung der Hochspannungsleitung.

Digitized by Google

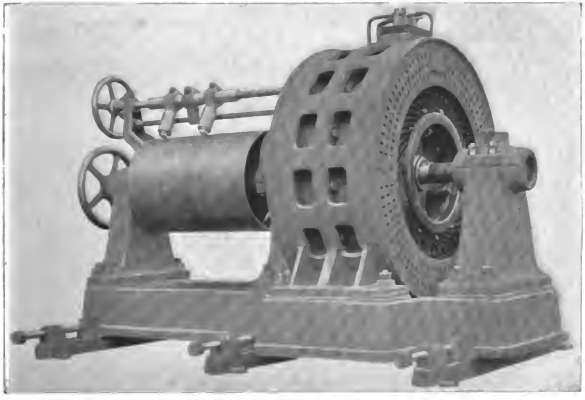
Elektricitätswerk „La Goule".



22. Transformatorenstation.



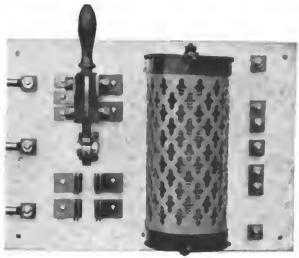
23. Stangenausschalter für Hochspannung.



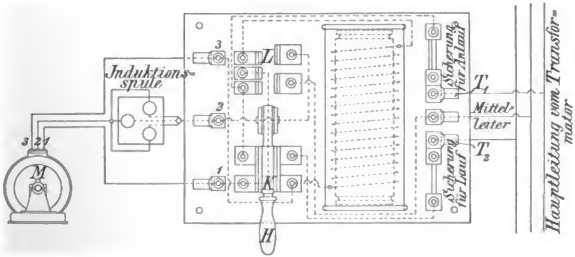
24. Wechselstrommotor mit Voll- und Leerrolle.

Digitized by Google

Elektricitätswerk „La Goule".



25. Anlassapparat für den Anschluss an ein sekundäres Dreileiternetz.



26. Schaltungsschema desselben.

Digitized by Google

Elektricitätswerk St. Imier.

(Im Anschluss an das Elektricitätswerk La Goule).

Eigentum und Regiebetrieb der Gemeinde St. Imier.

Erbaut 1894—95. — Eröffnet 1895.

Erbauer:

Mechanische und elektrische Einrichtungen der Centralstation:
Maschinenfabrik Oerlikon.

Accumulatoren: (System Pollak) **Société suisse pour la construction d'accumulateurs Marly-le-Grand** près Fribourg.

Licht- und Kraftnetz und Motoren für die Abonnenten:
Compagnie de l'industrie électrique à Genève.

Betriebskraft:

Synchrone Wechselstrommotoren, gespiesen aus der Centrale „La Goule".

Elektrisches System: Gleichstrom, Dreileitersystem mit 2×120 Volt. Oberirdische Leitungen.

Wirkungskreis: Versorgung der Gemeinde St. Imier mit Licht und Kraft.

Leistung und Ausdehnung:

Synchronmotoren $2 \times 60 = 120$ HP.

Gleichstrom-Generatoren von $60 + 2 \times 30 = 120$ HP.

Accumulatorenbatterie von 250 Volt bei 750 Ampèrestunden Kapacität.

Anschluss: 2050 Glühlampen à 5 bis 25 Kerzen in privaten und öffentl. Gebäuden.
6 Bogenlampen.
142 Glühlampen à 25 Kerzen für Strassenbeleuchtung.
18 Gleichstrommotoren von zusammen 74 HP.

Digitized by Google

Elektricitätswerk St. Imier.

Die Centralstation für St. Imier ist gebaut für Aufnahme von 5 Wechselstrom-Gleichstrom-Umformern, von denen vorläufig 2 montiert sind, nämlich: 1 Umformer, bestehend aus einem synchronen Wechselstrommotor 60 HP., 220 Volt, 50 Perioden per Sek., 600 Touren per Minute und einer Gleichstromdynamo von 250/360 Volt und 150/76 Ampère. Raffardkuppelung. 1 Umformer, bestehend aus einem synchronen Wechselstrommotor 60 HP. und 2 Gleichstrommaschinen 30 HP. von 120/190 Volt und 152/72 Ampère. Die Gleichstrom-Generatoren arbeiten in Parallelschaltung mit 2 Accumulatorenbatterien von je 70 Elementen, System Pollak, Typ SK 25 (von 750 Ampèrestunden Kapazität) auf die für Licht und Kraft getrennten Leitungsnetze. Bei Bedarf werden später 2 weitere Batterien derselben Typ aufgestellt. Fig. 2 zeigt den Accumulatorenraum, Fig. 3 das Schema der Verbindungen in der Centralstation. Die Inbetriebsetzung der Umformer geschieht unter Benutzung des Accumulatorenstromes in der Weise, dass ein Gleichstromgenerator, als Motor arbeitend, den Umformer auf die für das Einschalten des Synchronmotors erforderliche normale Tourenzahl bringt. Handregulierung.

Digitized by Google

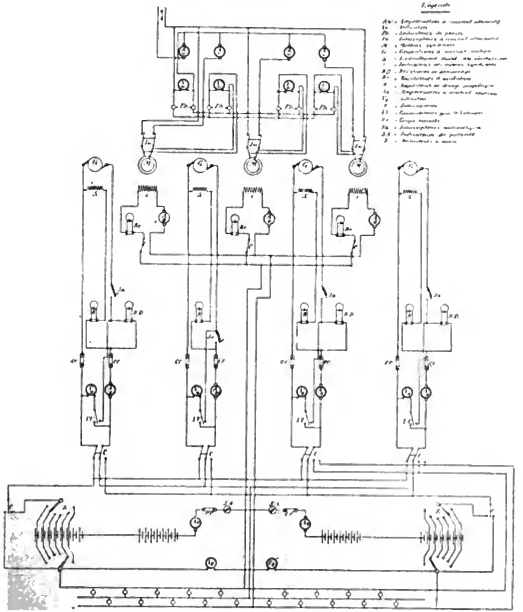
Elektricitätswerk St. Imier.

1. Ansicht des Maschinenraums.

2. Accumulatorenraum.

Digitized by Google

Elektricitätswerk St. Imier.



3. Schaltungsschema.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Bern.

Eigentum und Regiebetrieb der Stadtgemeinde Bern.

Erbaut 1890/91. — Eröffnet 1891.

Erbauer:

Wasserbauten und Maschinenhaus: **Städtisches Bauamt** unter Leitung des Stadtingenieurs.
Turbinen: **Th. Bell & Cie., Kriens** bei Luzern.
Elektr. Maschinenanlage: **Maschinenfabrik Oerlikon.**
Kabel: Société d'Exploitation des Câbles System **Berthoud Borel & Cie., Cortaillod.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der Aare.

Elektr. System: Gleichstrom, Dreileiter mit 2 × 140 bis 120 Volt, mit Federn von 16 % Maximalverlust und Anschluss der verschiedenen Pole an verschiedenen Stellen. Hauptzuleitung zur Stadt als Luftlinie, übrige Leitungen unterirdisch. Accumulatoren in Parallelschaltung.

Wirkungskreis: Privatbeleuchtung, Bogenlicht-Strassenbeleuchtung und gemischte Bahnhofbeleuchtung in der Stadt Bern.

Leistung und Ausdehnung:

Wasserkraft gemeinsam mit andern städtischen Unternehmungen entsprechend den
Turbinen: 2 zu je 150 HP., total 300 HP.
Generatoren: 3 zu je 150 HP., total 450 HP. (wovon 150 HP. Reserve).
Accumulatoren: 2 Batterieen von zusammen 420 Amp. Maximalentladung und ca. 1400 Ampèrestunden Kapacität bei 250 Volt Spannung.
Leitungen: Luftlinie 0,76 km,
Speiseleitungen ca. 12 km Kabellänge.
Kabel von 6,16 km Grabenlänge und 18,54 km. Kabellänge.
Anschluss Juni 1896: 83 Abonnenten, 77 Anschlusskästen;
3120 Glühlampen
42 Bogenlampen } für Privat- (inclusive Bahnhof-) Beleuchtung.
42 Bogenlampen für öffentliche Beleuchtung.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Bern.

Die **Wasserwerke** befinden sich beim „Schwellenmätteli" im südl. Aarethal der Stadt Bern. Die Grundlage bildet ein altes, anno 1640 mit Granitblöcken erstelltes *Stauwehr* von 320 m Länge, mit Sturzbett von 11—14 m Breite. Dies Wehr ist durch Anbringung von 54 einzelnen Stauschleusen und 9 Tiefschleusen verbessert worden, insbesondere was Geschiebeabfuhr und Gefällsregulierung anbelangt.

Am *Einlaufkanal* von 450 m Länge und variabler (minimal 16.6 m) Breite stehen gegenwärtig Turbinen für ca. 900 P.S. im Betrieb.

Die *Turbinen* der städtischen Werke sind z. T. direkt an Private vermietet; 2 Stück à *150 P.S.* mit 40 Touren p. Min. dienen dem städt. Elektricitätswerk in eigenem neuem Gebäude. Es sind Jonval-Turbinen von Th. Bell & Cie. in Kriens, wegen des zwischen 3.5 m und 1.3 m schwankenden, (ausnahmsweise bei Hochwasser noch mehr abnehmenden) Gefälls mit in Beton ausgeführten Aspiratoren (Saugröhren) Patent Bell versehen. 3 Kränze des Leitrads: Der äusserste, mit von Hand abhebbaren Deckeln, wird nur bei grossem Wasserzufluss und kleinem Gefälle geöffnet; der mittlere, mit einzelnen Drehklappen, dient der Tourenzahlregulierungd urch Automaten oder von Hand; der dritte mit vertikal beweglicher ganzer Ringschütze dient ebenfalls der Handregulierung.

Antrieb der Turbinen durch Kegelräder auf gemeinsame horizontale Transmissionswelle mit 120 Touren p. Min., von hier mit Riemen auf die Dynamos.

Elektrische Einrichtungen. Diese sind im Jahre 1899/91 nach den Plänen der Maschinenfabrik Oerlikon erstellt. 3 Gleichstrom-Nebenschluss*generatoren*, 120—140 Volt bei 700 Ampères und 360 Touren p. Min., 6polig. Später montiert 2 *Zusatzdynamos* von je 10—50 Volts und 340 Amp. bei 900 T. p. M., durch direkt gekuppelte Elektromotoren betrieben, zur Erhöhung der Spannung für Accumulatorenladung.

2 Accumulatorenbatterien aus je 2×72 Elementen System Tudor, von der Accummlatorenfabrik A.-G. Hagen i. W., successive später aufgestellt. Jede Batterie hat ca. 700 Ampèrestunden Kapazität und ca. 210 Amp. maximale Entladung. Die Batterien sind in einem Anbau untergebracht. Gewöhnliche Parallelschaltung von Dynamo's und Batterien, mit Doppelzellenschaltern, die Entladeschalter automatisch.

Leitungsanlage. *Speiseleitungen* zunächst als Luftlinie längs der Aare bis nahe dem Stadtcentrum (Münzterrasse) geführt, (760 m); dortselbst in einem Schalthause Anschluss mittels Leitungsschliesser und Blitzschutz an Kabel mit doppeltem Bleimantel ohne Armierung. Die Speiseleitungen des positiven und des negativen Aussenleiters führen je an verschiedene Stellen des Verteilungsnetzes, ebenso die des Mittelleiters, die nicht so zahlreich sind. Ca. 16% Spannungsverlust in den Feeders bei

Digitized by Google

Maximalbelastung; einige Rückleitungen zur Spannungskontrolle; gemeinsame Regulierung der Feeders im Maschinenhause nach der Stromstärke. *Verteilungsleitungen* ebenfalls aus nicht armierten Kabeln mit doppeltem Bleimantel. Alle Kabel, von Berthoud, Borel & Cie. in Cortaillod (Neuchâtel), in Sand in imprägnierte Holzkanäle (aus Brettern) verlegt. Verteilungsleitungen für ca. 2.5 % Spannungsverlust gerechnet. Bemerkenswert sind die *zugänglichen Verteilungskästen* an Kabelknotenpunkten, *vertikal* an Hauswände über der Erde befestigt, mit geräumigen Schaltbrettern, nach unten durch Ausguss mit Kabelisoliermasse, an den Thüren mit Cautschuk abgedichtet.

Oeffentliche Strassenbeleuchtung für Hauptplätze und -Strassen, mit 42 Schuckert'schen Lampen à 12 Ampères in ca. 8 m Höhe über Boden, meist zu 4 in Serie auf 200 Volt.

Erstellungskosten.

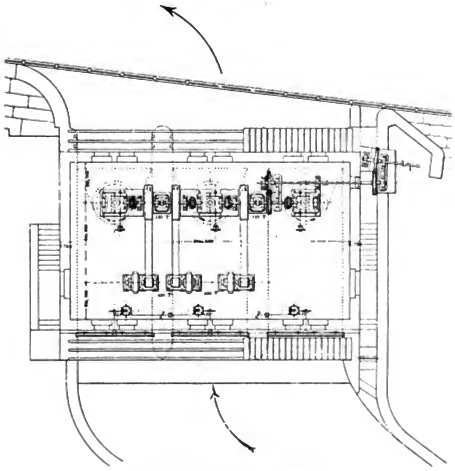
Turbinenanlage	Fr.	200 000.—
Dynamoanlage	„	44 700.—
Luftleitungen	„	62 400.—
Kabelnetz	„	140 500.—
Bauleitung und Diverses	„	4 400.—
Erd- und Hülfsarbeiten	„	49 564.—
Erste Anlage	Fr.	501 564.—
Erste Erweiterung: Accumulatorengebäude etc. . .	„	18 431.97
1. Batterie samt Zubehör und Zusatzdynamo und Motor .	„	63 486.24
Diverses	„	1 325.35
Nach erster Erweiterung Total	Fr.	584 807.56
Zweite Erweiterung: Accumulatorengebäude etc. .	„	23 665.68
2. Batterie und Zubehörden .	„	58 773.09
Kabelnetz-Erweiterung . . .	„	43 023.09
Total	Fr.	710 269.42

Betrieb. Derselbe umfasst nur Beleuchtung, nach Elektricitätszähler (zumeist von Schuckert) abgegeben, jedoch mit Fr. 25.— Minimaltaxe pro 16 Kerzen und Jahr. Die Stromabgabe ist ununterbrochen; in der 2. Hälfte der Nacht liefern die Accumulatoren den Strom mittels Automat-Zellenschalter ohne Bedienung durch Maschinisten.

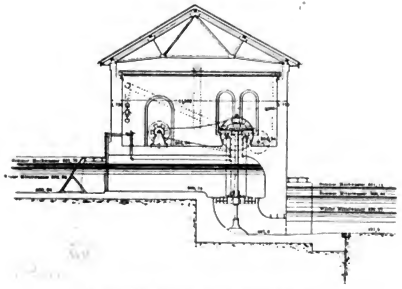
NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1893, Bd. XXI, Seite 93.

Digitized by Google

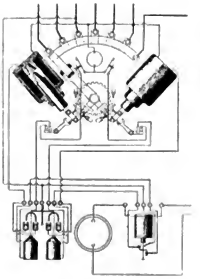
Elektricitätswerk Bern.



1. Grundriss des Maschinenhauses.



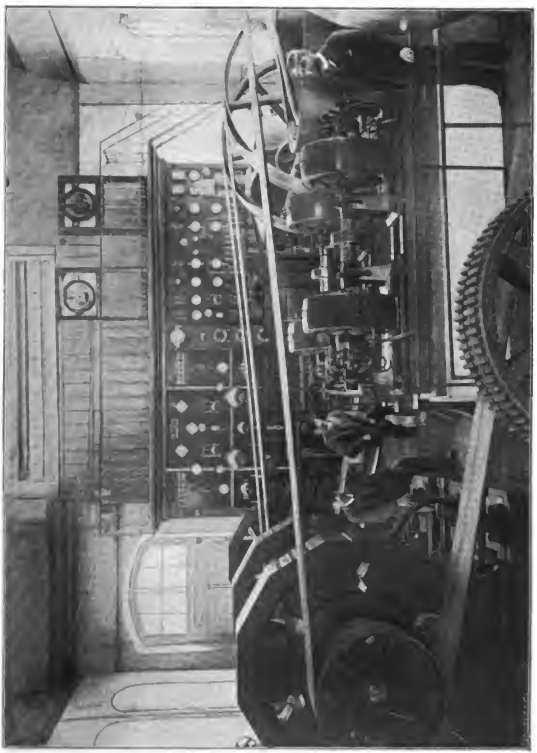
2. Vertikalschnitt des Maschinenhauses.



3. Schema des automatischen Zellenschalters.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Bern.

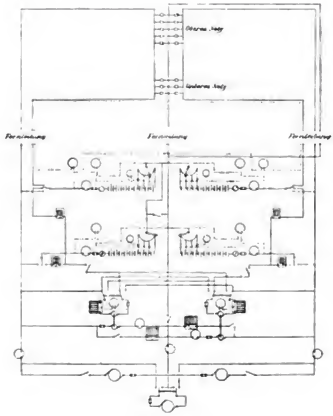


4. Ansicht des Maschinensaales.

Digitized by Google

5. Ansicht des Accumulatorenraumes.

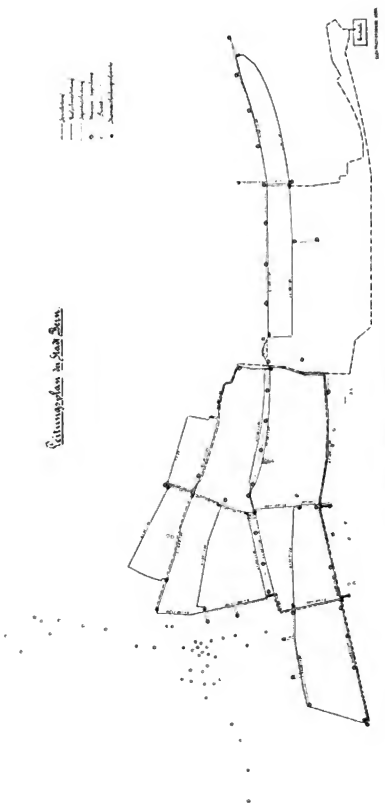
6. Luftleitung längs der Aare.



7 Schaltungsschema.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Bern.



8. Leitungsplan. Massstab 1 : 10000.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Interlaken.

Eigentum und Betrieb der Beleuchtungs- und Wasserversorgungsgesellschaft Interlaken.

Erbaut 1893/1894. — Eröffnet 24. Mai 1894.

Erbauer:

Allgem. Leitung der Wasserbauten: Ingenieur **F. Allemann, Zürich.**
Kanalanlage: Baumeister **Frutiger** in **Oberhofen.**
Turbinen und mechanischer Teil der Zentralstation:
Theodor Bell & Cie in **Kriens (Luzern).**
Elektrische Anlage: **Brown Boveri & Cie., Baden.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der Aare.

Elektrisches System: *Einphasen-Wechselstrom* mit 2000 Volt primärer, 105 Volt sekundärer Spannung. Zahlreiche kleinere Transformatorenstationen. Zum grössten Teil unterirdische Leitungen.

Wirkungskreis: Zumeist *Beleuchtungs-* und z. T. *Kraftabgabe* in den 3 Gemeinden Interlaken, Unterseen und Matten.

Anschluss-Aequivalent Juni 1896: 2688 Glühlampen à 16 K.
4 Motoren 24 HP.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Interlaken.

Wasserwerk. Die Zentralstation des Elektrizitätswerkes Interlaken liegt zwischen der Aare und dem neuen Schiffahrtskanal, der Interlaken mit dem Thunersee verbindet (Fig. 1.) Das Maschinenhaus überbrückt den 18 m langen und 20 m breiten Durchflusskanal der obgenannten Gewässer. Die Niveaudifferenz zwischen dem Aarefluss und dem Schiffahrtskanal (Thunersee) beträgt durchschnittlich 3.30 m, die verfügbare Wassermenge im Minimum 3500 Liter per Sekunde, die disponible effektive Wasserkraft im Minimum 115 HP. Da zur Zeit des grössten Lichtkonsums (Sommer, zumeist Hôtelbeleuchtung!) ein grösseres Wasserquantum zur Verfügung ist, so wurden nicht nur diese 115 HP ausgebeutet, sondern es sind im Maschinenhaus (Fig. 2) montiert: 3 Jonval-Turbinen à je 180 HP — 1 in Reserve — 62 Umdrehungen per Minute, mit vertikaler Welle und automatischer Turbinenregulierung, und 1 Jonval-Turbine von 25 HP, 120 Touren per Minute, mit vertikaler Welle und Handregulierung. Wasserregulierung im Oberwasserkanal durch Stau-Nadelwehr und Leerlaufschleuse.

Elektrischer Teil. Durch Winkelgetriebe werden von jeder der 3 grösseren Turbinen je eine Einphasen-Wechselstrommaschine, von der kleineren Turbine 2 Gleichstrom-Erregermaschinen angetrieben. Jeder Einphasen-Wechselstromgenerator liefert bei 200 Umdrehungen per Minute 60 Ampère 2000 Volt. Periodenzahl = 50 per Sek.

Jede Gleichstrommaschine liefert 8000 Watt bei 750 Umdrehungen per Minute und genügt zur Erregung von 2 Wechselstromgeneratoren, so dass eine Maschine in Reserve bleibt. Automatische und Hand-Spannungsregulierung.

Fig. 3 zeigt das Schema der Apparatenwand.

Von der Maschinenstation aus führen 2 eisenbandarmierte, concentrische, mit Messdrähten für das Generalvoltmeter auf der Schaltwand versehene Bleikabel von 65 + 65 mm² und 600 m Länge zur Verteilungsstation im „Weissen Kreuz". Von der letzteren zweigen 4 Hochspannungs-Kabelstränge ab von 50 + 50, 25 + 25, 15 + 15 und 15 + 15 mm² mit einer Gesamtlänge von 3790 m. An eines dieser concentrischen Kabel schliesst sich eine Hochspannungsfreileitung von 4 mm blankem Kupferdraht und 2700 m Länge an. Spannungsverlust bei Vollbelastung 5 %.

An dieses Primärnetz sind angeschlossen 40 Transformatoren in Oel von 3 bis 15 Kilowatt; dieselben sind zum Teil bei den Abonnenten (Hotels) in passenden Räumen, zum Teil in besonderen gemauerten Transformatorenhäuschen untergebracht.

Ein eigentliches sekundäres Verteilungsnetz existiert nicht; die grösseren Abonnenten haben eigene Transformatoren und die sekundären Verteilungsleitungen beschränken sich auf einzelne Zuleitungen zu kleineren Abonnenten.

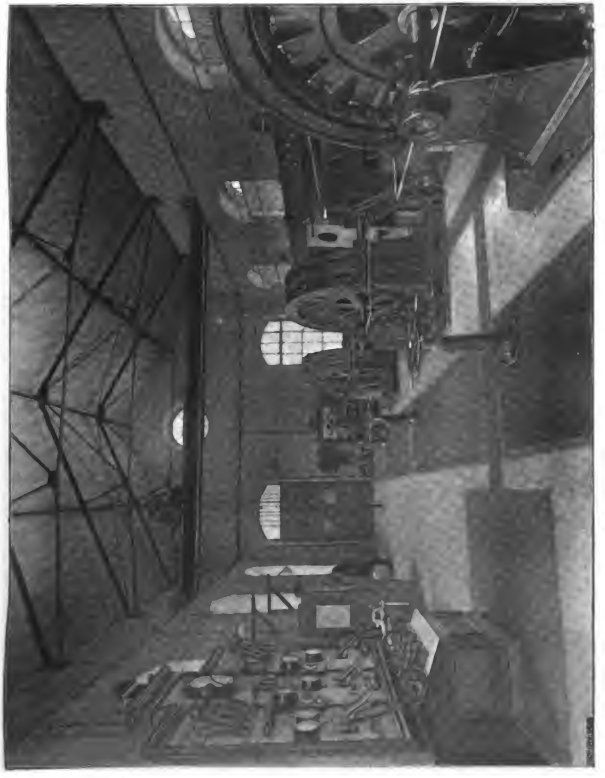
Digitized by Google

Elektricitätswerk Interlaken.

1. Ansicht des Maschinenhauses.

Digitized by Google

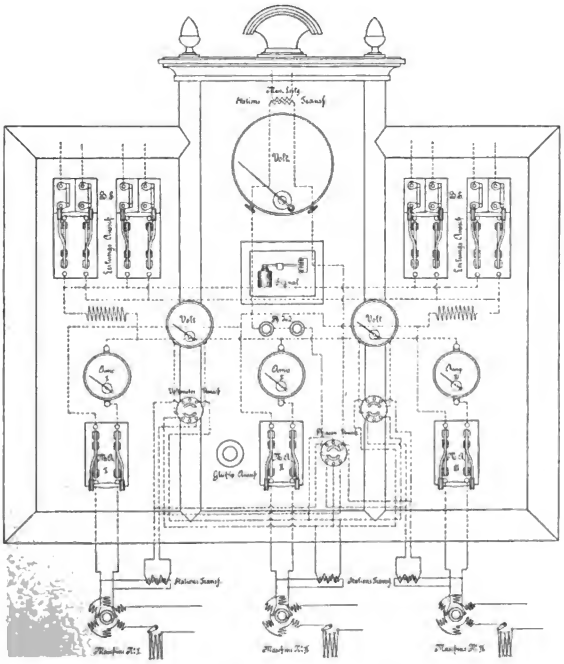
Elektricitätswerk Interlaken.



2. Ansicht des Maschinensaales.

Digitized by Google

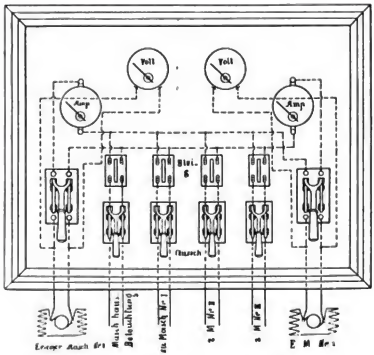
Elektricitätswerk Interlaken.



3. Schema des Haupt-Schaltbrettes.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Interlaken.



4. Schema des Erreger-Schaltbrettes.

5. Ansicht einer Transformatorenstation.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Wynau.

(Kanton Bern.)

Eigentum der Aktien-Gesellschaft-Elektricitätswerke „Wynau" in Langenthal.

Erbaut 1895/96. — Eröffnet im Januar 1896.

Erbauer:

Siemens & Halske, Berlin.
Bauleitender: Dr. **Koepsel.**
Baumeister: **Schmick, Frankfurt a. M.**
Unternehmer: **Anselmier & Gautschi, Bern.**
Turbinen: **J. J. Rieter & Co.**, Aktiengesellschaft in **Töss** b. Winterthur.
Wehranlage: **L. von Rollsche Eisenwerke, Gerlafingen;**
Propst, Chappuis & Wolf, Nidau; Basler Maschinenbauanstalt.
Elektrischer Teil: **Siemens & Halske, Berlin.**
Bogenlampen: **Siemens & Halske, Berlin.**
Kandelaber: **L. von Rollsche Eisenwerke, Clus.**
Meteren: **Siemens & Halske, Berlin.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der Aare. Niederdruckturbinen 4 m Gefälle.

Stromverteilungs-System: Drehstrom mit Niederspannungsmaschinen und zweimaliger Transformation. Oberirdische Leitungen.
Wirkungskreis: Licht- und Kraftabgabe an die umliegenden Ortschaften.

Ausdehnung Juli 1896:

Generatoren: 5 Drehstromdynamos à 750 HP.
2 Erregerdynamos à 120 HP.
Transformatoren: 12 Stück à 200 KW. bei 8500 Volt.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Wynau.

Wasserkraftanlage. Das Wasser der Aare wird durch ein ca. 125 m breites **Wehr** gestaut und läuft durch die Turbinen in das alte Aarebett zurück, nachdem man durch den Stau ein Gefälle von ca. 4 m erzielt hat.

Das **feste Wehr** wird auf der linken Aareseite durch ein 15 m breites **Trommelwehr** ersetzt, das den Eingang hier zur Flossgasse bildet.

Beim niedrigsten Wasserstand ist bei 4 m Gefälle eine Kraft von ca. 3000 HP zu erhalten.

Das **Turbinenhaus** in Ober-Wynau an den sog. Schrännematten, ist ein solider Backstein-Bau auf vorzüglicher Fundation und hat sieben Turbinenkammern, nämlich: 5 für die grossen und 2 für die kleinen Turbinen.

Dem Turbinenhaus als Anbau zugegeben ist ein turmartiges Gebäude, das Transformatorenhaus.

Turbinen. Es sind 5 grosse Turbinen, System Rieter, à 750 HP und 2 desgleichen à 120 HP vorhanden.

Die Regulierung geschieht an den Leitkanälen des äusseren Kranzes und zwar durch Klappen, deren je drei mit einem Gestänge verbunden sind.

Der Betrieb dieser Regulierung erfolgt automatisch, ist aber auch für Handbetrieb eingerichtet.

Elektrische Anlage. **Generatoren** sind 5 Stück vorhanden à je 750 HP bei 150 Umdrehungen per Minute mit horizontaler Welle.

Die Kraftübertragung von den Turbinen aus geschieht durch ein konisches Getriebe.

Die Generatoren werden von 2 Gleichstromdynamos à je 120 HP, 300 Touren per Minute, erregt, und erfolgt die Kraftübertragung von den Turbinen aus genau wie bei den Generatoren.

Die Erregermaschinen sind so gross gewählt, dass eine jede derselben zur Erregung der 5 Generatoren, zur Beleuchtung des Turbinenhauses und zum elektrischen Antrieb der Drehfallen und Wehrschützen ausreicht; die zweite dient zur Reserve.

Schaltung. Wie schon bemerkt, ist hier das Drehstromsystem angewendet und zwar liefern die Generatoren einen Strom von 450 Volt Spannung, welcher durch konzentrische eisenbandarmierte Bleikabel zu 12 Transformatoren à je 200 K.W. geführt wird.

Hier wird der Strom transformiert von 450 auf 8000 Volt und gelangt mit dieser Spannung in die Fernleitung.

Digitized by Google

An den Konsumstellen wird wieder auf 500 resp. 120 Volt heruntertransformiert und wird der Strom mit dieser Spannung in die betreffenden Verteilungsleitungen geschickt. Der dem Werk am nächsten gelegene Konsument ist $2^1/_2$ km, der bis jetzt am entferntesten 12 km entfernt.

Die Verteilung des Stromes an den Konsumstellen geschieht teils durch direkte Transformation von 8000 auf 120 Volt, teils, wo sich dies als notwendig herausstellte, vermittelst Untertransformatoren, indem zunächst von 8000 auf 500 Volt und erst dann von 500 auf 120 Volt transformiert wird.

Leitungen. Dieselben sind oberirdisch, für die Primärleitungen auf 3fachen Glockenisolatoren. Licht und Kraft werden von ein- und derselben Fern- und Verteilungsleitung bedient.

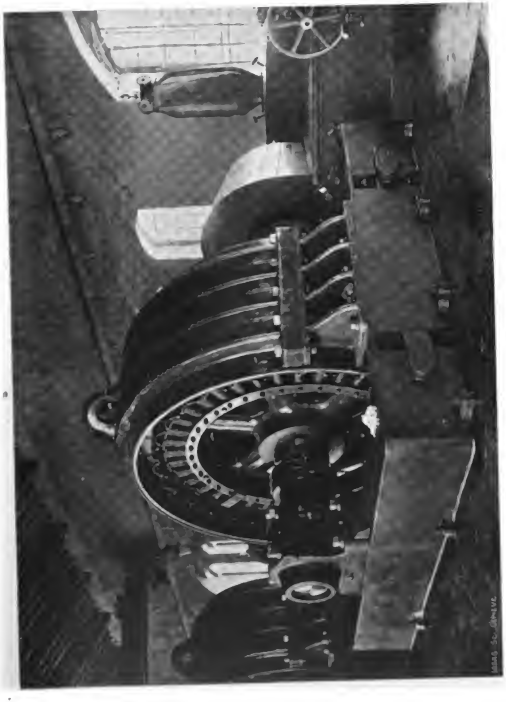
Digitized by Google

Elektricitätswerk Wynau.

1. Ansicht des Maschinensaals.

Digitized by Google

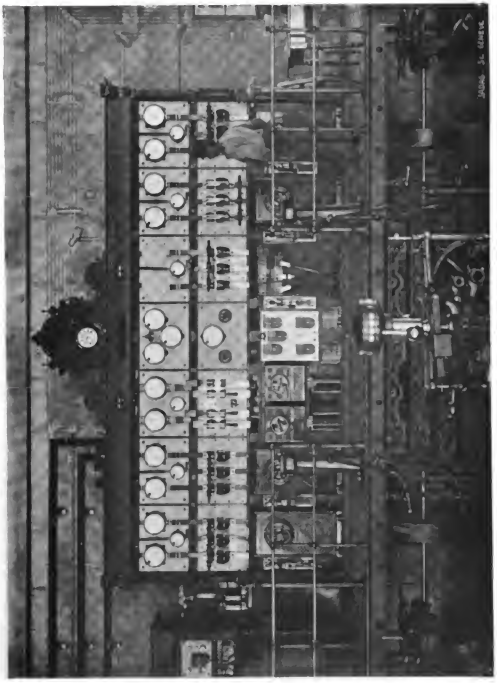
Elektricitätswerk Wynau.



2. Drehstromgenerator.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Wynau.



3. Schaltbrett.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Wynau.

4. Ansicht des Schaltraums.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Olten-Aarburg.

Aktiengesellschaft in Olten.

Im Bau 1895/1896.

Erbauer:

Wasser- und Hochbauten: **Fischer & Schmutziger, Zürich.**
Turbinen und Transmissionen: **Th. Bell & Cie., Kriens.**
Elektrischer Teil: **Brown, Boveri & Cie., Baden.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der Aare.

Elektrisches System: *Zweiphasen-Wechselstrom,* Primärleitungen mit 4 Drähten und 5000 Volt pro Phase für Kraft und Licht gemeinsam, ausschliesslich Luftleitungen; Hoch- und Niederspannungsmotoren; grosse Transformatorenstationen in besondern Häuschen; Sekundärleitungen ebenfalls Luftlinien.

Wirkungskreis: *Licht- und Kraftabgabe* in Aarburg-Schönenwerd-Olten, Kölliken-Uerkheim, Zofingen-Brittnau.

Leistung und Ausdehnung:

	Erster Ausbau:	*Mögliche Erweiterung:*
Betriebskraft:	1800 HP	2500 HP minimal.
Generatoren:	$6 \times 300 = 1800$ HP.	10×300 3000 HP. inkl. Reserve.
Transformatoren:	ca. 1000 KW.	
Primärleitungen, einfache Linienlänge:	ca. 70 Km.	

Digitized by Google

Elektricitätswerk Olten-Aarburg.

A. Wasserkraftanlage. Beim Hofe Ruppoldingen, oberhalb Aarburg (Kanton Aargau) wird die Aare durch ein Wehr zum Kanal abgeleitet.

Das *Wehr* besteht aus einem fixen Grundkörper und einem auf Pfeilern ruhenden kombinierten Schleusen- und Klappenwehr. Das Stauwehr überspannt mit einer Länge von 114 m die ganze Aare und enthält einen 17,5 m breiten Floss- und Kiesdurchlass sowie eine Fischleiter. Die Regulierung der Schleusen ist für Hand- und für elektrischen Motorenbetrieb eingerichtet.

Durch diese Anlage können dem *Kanal*, dessen Einlauf (Breite 50 m) 20 Schleusen zur Regulierung und Absperrung aufnimmt, bei mittlerem Wasserstand 120 m³ Wasser per Sek. zugeleitet werden. Der Kanal von 800 m Länge und 45 m Sohlenbreite ist beidseitig bis auf Höhe des gestauten Mittelwassers mit Steinböschungen versehen und seiner ganzen Länge nach in gewachsenen Boden eingegraben. Das Sohlengefälle beträgt 0.5 ‰.

Der Kraftstation können bei Hochwasser 150 m³, bei Mittelwasser 120 m³ und bei Niederwasser 75 m³ Wasser per Sek. bei einem effektiven Gefälle von 1.70 m, resp. 2.90 m und 3.60 m zugeführt werden, so dass im Minimum (bei Hochwasserstand) eine Leistung der Gesamt-Anlage von 2500 HP. erzielt wird.

Das 82 m lange *Gebäude* aus Betonmauerwerk ist mit einer Eisenkonstruktion überdacht und nimmt 10 Turbinen von je 300 HP. auf.

Die *Turbinen* sind dreikränzige Jonvalturbinen mit vertikalen Wellen; Tourenzahl **28.5** per Minute. Der Abschluss der Turbinenkammern wird durch Drehschützen bewirkt, die sowohl von Hand als mechanisch durch Elektromotorenbetrieb bedient werden können. Eine durchgehende Regulierwelle ermöglicht durch mechanische Ein- und Ausrückvorrichtungen die gleichzeitige Bewegung von 5 Drehschützen. Alle drei Turbinenkränze sind mit Regulierung versehen: Der innere mit Drehklappen, der mittlere mit Schieber und der äussere mit Ringschütze. Auf letzteren wirkt der in seiner Konstruktion sehr bemerkenswerte Regulator Patent Bell; jede zweite Turbine ist mit einem solchen versehen. Wegen der grossen Gefälls-Unterschiede hat zur Erhöhung der Nutzleistung der Turbinen der *Aspirator* von Bell Anwendung gefunden. Als kompletierende Teile der Wasseranlage sind der Leerlauf und eine Schiffahrtsschleuse erwähnenswert.

B. Elektrischer Teil. Entsprechend der ausgedehnten Licht- und Kraftverteilung wurde als System der Zweiphasen-Wechselstrom gewählt. Beide Phasen sind vollständig von einander getrennt geführt. Die Betriebsspannung von 5000 Volts wird von den *Generatoren* direkt erzeugt. Die 10 Turbinen nehmen 10 Generatoren auf, deren rotierendes Polrad je direkt auf die vertikale Turbinenwelle gekeilt ist und somit die *bisher geringste Tourenzahl von Generatoren* (**28½** per Minute) macht.

Digitized by Google

Das Polrad enthält 84 Pole; die Bewicklung desselben besteht aus einem Kupferband, das zwischen den senkrecht übereinander angeordneten Polen verschiedener Zeichen ruht. Der Amaturkranz ist feststehend; dessen Hochspannungswicklung liegt in Micaröhren und ist so angeordnet, dass mit Leichtigkeit jede Spule für sich herausgenommen und repariert werden kann.

Die *Erregung* der Generatoren besorgt ursprünglich eine Accumulatorenbatterie von 300 Ampèrestunden Kapazität. Nachdem ein Generator in Betrieb gesetzt und erregt ist, übernimmt einer der beiden, seitlich der Schalttafel angeordneten Hochspannungsmotoren, die direkt mit je einer vierpoligen Gleichstrommaschine von 70 Volts und 1000 Ampères gekuppelt sind, die Erregung; die Accumulatoren bleiben alsdann als Erreger-Reserve und zugleich Beleuchtungsreserve.

Beleuchtung des Maschinenhauses mit 11 Bogenlampen und ca. 50 Glühlampen durch einen Transformator mit 125 Volt sekundärer Spannung.

Von den Generatoren werden die Leitungen in einem besonders ausgesparten Kanal zur *Schalttafel* geführt. Jeder Generator kann mit jeder Phase separat zum Netz geschaltet oder von demselben getrennt werden.

Volt- und Ampèremeter sind für jeden Generator sowie für die Gesamtleistung angebracht; ebenso 2 statische Voltmeter für direkte Ablesung der Hochspannung und Ampèremeter in jeder Phase jeder abgehenden Linie. Bemerkenswert ist die Konstruktion der Schalttafel in Eisen und Porzellanmontage. Nur auf der Rückseite der Tafel befinden sich Leitungen und Verbindungen, alle in übersichtlicher Anordnung mit Aufschrift und Farben gekennzeichnet. Reparaturen können während der Betriebszeit ausgeführt werden, indem jede Hälfte der Tafel unabhängig von der andern stromlos gemacht werden kann. Jeder Hauptstrang hat seine besondere Zuleitung, von der Centralen ausschaltbar und durch Bleisicherung und Blitzschutz gesichert. Die Hochspannungsbleisicherungen neuer Konstruktion dienen zugleich als Ausschalter.

Die abgehenden *Leitungen* sind durchwegs oberirdisch geführt und zwar gehen besondere Stränge mit je 4 Drähten nach Aarburg, Olten, Schönenwerd, Kölliken-Uerkheim, Zofingen-Brittnau und Rothrist. Das Primärnetz dehnt sich auf über 70 km aus.

Der grössere Teil der vermieteten Energie wird von Motoren absorbiert, die von 75 HP. an direkt an die Hochspannung (kleinere durch Transformation auf 125 Volts) angeschlossen sind. An den Verteilungscentren sind Transformatorenstationen erstellt, bestehend aus einem massiven Betongehäuse mit angesetztem Eisenblechrohr, das die primären und sekundären Leitungen aufnimmt. Jede Station kann 4 Transformatoren à 30 KW. aufnehmen und ist auf 2 gegenüberliegenden Seiten mit eisernen Doppelthüren abgeschlossen. Auf der einen Seite wird die Hochspannung bedient, auf der andern Seite die Sekundärleitungen. Mit der Anlage sind bis jetzt die Beleuchtungsnetze Olten, Aarburg, Zofingen und Schönenwerd verbunden, der übrige Absatz findet in grössern und kleineren Fabriketablissementen zu allen möglichen Betrieben statt.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Olten-Aarburg.

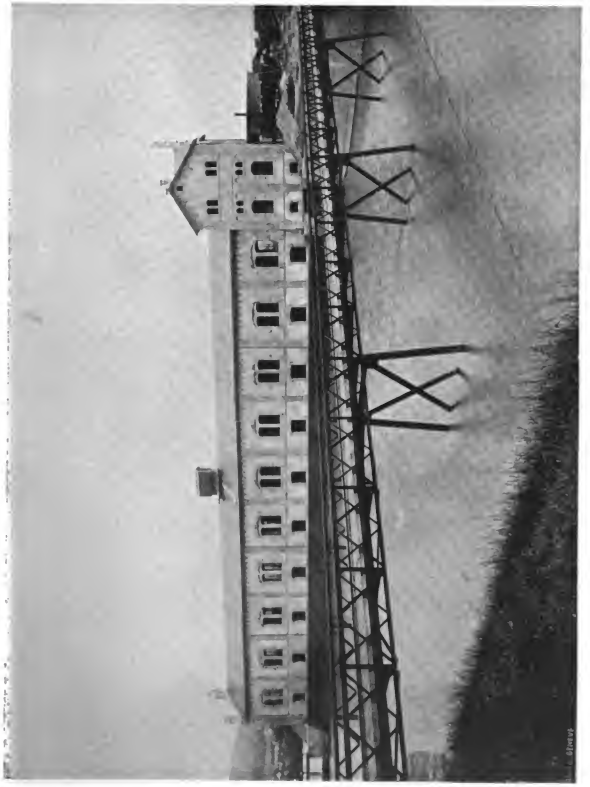
Massstab 1 : 800.

Massstab 1 : 20000.

I. Situation, Grundriss und Schnitte der Kraftstation.

Digitized by Google

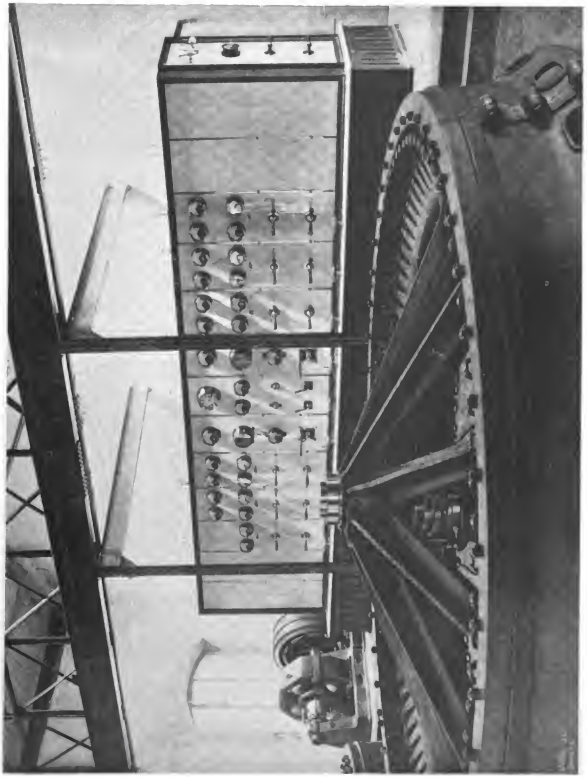
Elektricitätswerk Olten-Aarburg.



2. Ansicht des Maschinenhauses mit Oberwasserkanal.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Olten-Aarburg.



3. Ansicht eines Generators und des Schaltbretts.

Digitized by Google

Städtisches Elektricitätswerk Aarau.

Eigentum und Regiebetrieb der Stadtgemeinde Aarau.

Erbaut und in Betrieb gesetzt: 1893 Lichtcentrale, 1894 Kraftcentrale.

Erbauer:

Kraftcentrale, Instandstellung des Gewerbekanals:
Bauunternehmer: **Rychner & Perregaux, Neuenburg.**
Bauleitung: **Ing. Schmid-Läuchli, Aarau.**
Stauwehr: Baugeschäft **O. Zschokke, Aarau.**
Turbinenanlage: **J. J. Rieter & Cie., Winterthur.**
Elektrischer Teil der Centrale: **Brown Boveri & Cie., Baden.**
Kraftverteilungsnetz: **Elektricitätswerk in Regle.**
Transformatoren: **Brown Boveri & Cie., Baden.**
Lichtcentrale, Maschinenanlage: **Brown Boveri & Cie., Baden.**
Accumulatoren: **Accumulatorenfabrik Oerlikon.**
Uebrige elektr. Einrichtungen, Lichtleitungsnetz und öffentliche Beleuchtung: **Zürcher Telephongesellschaft,** Aktiengesellschaft für Elektrotechnik, **Zürich.**

Betriebskraft:

Für die Kraftcentrale: ***Wasserkraft der Aare*** 800 HP.
Für die Lichtcentrale: ***Zweiphasen-Wechselstrommotoren*** 300 HP. ***und Turbine*** 30 HP.

Elektrisches System: Zweiphasenwechselstrom für Kraft, mit 2000 Volt primär, 200 Volt secundär.
Gleichstrom-Dreileiter für Licht, mit 2 × 120 Volt.
Oberirdische Leitungen.

Stand des Anschlusses Ende 1895.

Kraft: 27 Motoren mit total 203 HP.
Licht: Pauschal-Abonnenten = 1785 Glühlp. à 16 K.
Zählerabonnenten = 1300 „ à 16 K.
Oeffentl. Beleuchtung = 32 Bogenlp. à 12 Amp.
Bahnhof = 18 „ à 10 „

Digitized by Google

Städtisches Elektricitätswerk Aarau.

Die Stadt Aarau besitzt 2 Centralen, die eine für Kraft, die andere für Licht; dieselben sind örtlich voneinander getrennt (Distanz ca. 1 km) und stehen miteinander nur insofern im Zusammenhang als die erstere der letzteren die für die Lichtproduktion nötige Kraft abgiebt.

1. Die Kraftcentrale.

Wasserkraftanlage. — Der *Gewerbekanal,* der die Kraft zum Betriebe dieser Centrale liefert, wurde bereits im Jahre 1874 angelegt, die durch denselben gewonnene Kraft aber bis zum Ausbau desselben für das Elektricitätswerk (1893) nur zum kleinsten Teil ausgenutzt. Der Kanal hat eine Länge von 2400 m und ein nutzbares Gefälle von ca. 4 m. Er war ursprünglich gebaut für eine Wassermenge von 15 m^3 per Sek. und für Ausbeutung der Kraft in 2 Gefällen à je 2 m. Beim Ausbau des Kanals wurden die Gefälle vereinigt und zudem die Kanalsohle derart verbreitert, dass der Kanal bei niederstem Wasserstand **23.3** m^3 Wasser zu führen vermag — ca. ⅓ des Wasserquantums der Aare bei Niederwasserstand. Die Sohlenverbreiterung wurde dadurch erzielt, dass die Böschungen von der Sohle an aufwärts steiler abgegraben wurden. Um ein Abrutschen dieser steilen Böschung zu verhindern, wurde sie auf der ganzen Strecke mit Betonpflästerung versehen, die auf starken, mit Zangen verbundenen Pfählen aufruht.

Das *Stauwehr* ist als fester Wehrkörper konstruiert aus Pfahlwerk und Steinwurf. Die Länge der Wehrkrone beträgt 95 m, die Breite des ganzen Wehrkörpers (in der Richtung des Flusses) 16 m, die Stauhöhe im Mittel 80 cm.

Die verfügbare Wasserkraft beträgt bei Niederwasserständen und bei Hochwasser 800 HP., bei mittleren Wasserständen ca. 1000 HP.

Im Turbinenhaus (Fig. 1—3) sind 3 Turbinen untergebracht, von denen die zwei grösseren dem Betriebe des Elektricitätswerkes dienen, während die kleinere 200pferdige Turbine Eigentum der Cementfabrik Fleiner ist. Die Kraft dieser Turbine wird mechanisch durch eine 80 m lange Welle in die Cementfabrik übertragen.

Jede der grösseren Turbinen leistet bei einem Gefälle von 4 m und einer Wassermenge von 10700 Liter per Sek. 400 HP. bei 48 Umdrehungen per Minute. Die Turbinen sind Reaktionsturbinen der Firma J. J. Rieter in Winterthur, zweikränzig,

Digitized by Google

mit offenenem Wasserkasten und vertikaler Welle. Die Regulierung des äussern Kranzes kann sowohl automatisch als von Hand geschehen.

In dem turmartigen Anbau des Maschinenhauses befinden sich 2 Wohnungen für die Maschinisten.

Elektrische Anlage. **Maschinenstation.** Unmittelbar über den Turbinen befinden sich die Generatoren mit rotierendem, direkt auf den vertikalen Turbinenwellen aufgesetztem Magnetrad. (Fig. 6 u. 7.) Die Generatoren, von 360—400 HP. Leistung erzeugen Zweiphasen-Wechselstrom von 2000 Volt Spannung in einer Phase und 40 Perioden per Sek. Jeder Generator besitzt eine separate Erregermaschine, die durch Winkelgetriebe von der Hauptwelle aus angetrieben wird (Fig. 7). Die Erregermaschinen sind genügend stark um nötigenfalls mit einer Maschine beide Generatoren zu erregen.

Zwischen den beiden Generatoren befindet sich an der einen Wand das Hochspannungsschaltbrett (Fig. 5), an der gegenüberliegenden das Schaltbrett für die Erregermaschinen und die Stationsbeleuchtung (Fig. 6).

Der Laufkrahn hat eine Tragfähigkeit von 12000 kg.

Kraftleitungen und Transformatoren. Vom Schaltbrett der Kraftcentrale gehen vorläufig 5 Stromkreise ab, alle oberirdisch geführt. Jeder derselben besteht aus 4 Drähten (unverketteter Zweiphasen-Wechselstrom). 3 Leitungen gehen vom Maschinenhaus aus mit einer Spannweite von 180 m über die Aare. Die eine dieser Leitungen führt in die Lichtcentrale, die 2 andern umziehen in südlicher und nördlicher Richtung das Stadtgebiet und sind am Ostende der Stadt zu einem Ring geschlossen. An diese Ringleitung sind die meisten Kraftabonnenten angeschlossen.

Die 2 weitern Kraftleitungen befinden sich auf dem linken Aareufer. Das Kraftnetz ist primär und sekundär gekennzeichnet durch Isolatoren mit roten resp. grünen Köpfen.

Die Transformatoren reduzieren die Spannung von 2000 auf 200 Volt und sind zum Teil bei den Abonnenten, zum Teil in besonderen Transformatorenhäuschen untergebracht. Im Ganzen sind 13 Transformatoren mit einer Gesamt-Kapazität von 270 Kilowatt montiert.

2. Die Lichtcentrale.

Maschinen- und Accumulatorenstation. Die Lichtcentrale ist eine Wechselstrom-; Gleichstrom-Umformerstation. Dieselbe ist in der Hauptsache für Lichtabgabe bestimmt nur ganz kleine Motoren, unter 1 HP., werden an diese Centrale angeschlossen.

Sie enthält 3 Maschinensätze, bestehend aus je einem 100pferdigen Zweiphasen-Wechselstrommotor (2000 Volt) und 2 direkt gekuppelten Gleichstromdynamos (50 HP.) (Fig. 7.) Tourenzahl 750 per Min. Die 3 Maschinensätze arbeiten in Parallelschaltung mit 2 Accumulatorenbatterien auf das ebenfalls oberirdisch angelegte Dreileiter-Lichtnetz. Jede der beiden Accumulatorbatterien besteht aus 70 Elementen Tudoraccumulatoren mit einer maximalen Ladestromstärke von 253 Ampère und einer Kapazität von 970 Ampèrestunden bei 327 Ampère maximaler Entladestromstärke.

Als weitere Betriebskraft dient eine 30pferdige Turbine die vom Stadtbach betrieben wird.

Digitized by Google

Ursprünglich war für die Lichtcentrale ausser der Accumulatorenbatterie nur 1 Maschinensatz à 2 × 50 HP. vorgesehen; mit zunehmendem Konsum wurde dann ein zweiter und als Reserve ein dritter Maschinensatz notwendig. Damit wurden, ausser der ursprünglichen Hauptschaltwand noch 2 weitere Apparatenwände notwendig, von denen die eine die Ausschalter, Bleisicherungen, Ampèremeter und ein Voltmeter für die 3 Hochspannungs-Motoren, die andere die Apparate für die 4 neumontierten Lichtmaschinen enthält.

Die Inbetriebsetzung der Motoren geschieht im Leerlauf und zwar vermittelst eines Anlassapparates, der im Rotorstromkreis eingeschaltet ist. In der Ruhelage ist der Anlasswiderstand so gestellt, dass der Stromkreis der Rotorwicklung unterbrochen ist. Nachdem der primäre Stromkreis des Motors geschlossen ist, wird die Rotorwicklung durch die im Anlassapparat befindlichen Drahtspiralen geschlossen, sodann wird successive der Widerstand im Anlassapparat reduziert und schliesslich kurz geschlossen, wenn der Motor seine normale Tourenzahl erreicht hat.

Lichtleitungsnetz: Dreileiternetz mit 2×120 Volt an den Lampen; sämtliche Leitungen oberirdisch auf Stangen oder Böcken aus Gasrohr geführt. Von der Umformerstation führen 8 Speiseleitungen — Feeders — von ca. 300—400 m Länge zu ebensoviel Speisepunkten; ein neunter Speisepunkt liegt in der Centrale selbst. Diese 9 Speisepunkte sind durch eine Ringleitung untereinander verbunden. Ausserdem führt von jedem Speisepunkt eine Abonnentenleitung in die Centrale zurück, wo diese sämtlichen 8 Leitungen an einem Generalvoltmeter angeschlossen sind. Der Spannungsabfall bei stärkster Belastung des Leitungsnetzes beträgt ca. 8 % in den Speiseleitungen und 2—3 % in den Ring- und Verteilungsleitungen. Die Spannung wird für alle Centren gemeinsam reguliert nach Angabe des Generalvoltmeters. In die Speiseleitung Nr. 9 ist ein Widerstand eingeschaltet der die Spannung auf diejenige der übrigen Centren reduziert.

Ein 10. Speisepunkt, der nicht an die Ringleitung angeschlossen ist, liegt in 850 m Entfernung jenseits der Aare. —

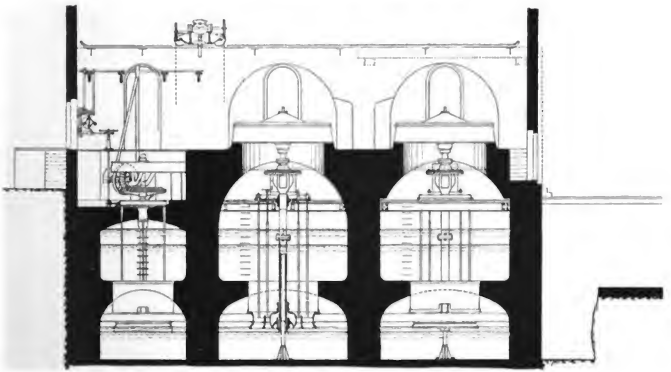
Die gesamte montierte Drahtlänge des Lichtnetzes beträgt ca. 70 km.

Oeffentliche Beleuchtung. — Für dieselbe werden verwendet: 32 Bogenlampen à 12 Ampères und 110 Glühlampen. Die Bogenlampen werden zwischen 10 und 12 Uhr gelöscht und tritt dann an Stelle jeder Bogenlampe eine Glühlampe. Im Winter 1895/96 betrug die Zahl der gleichzeitigbrennenden Lampen am Tage der stärksten Belastung — 20. Dezember — 71 % der installierten Lampen.

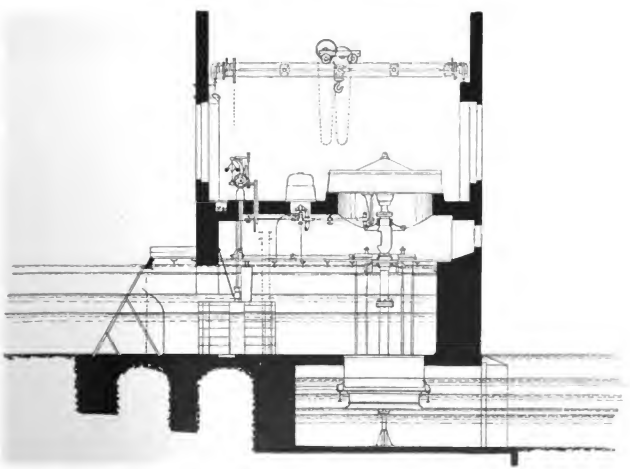
Die **Gesamtanlagekosten** des Werkes betrugen rund Fr. **910,000.—**

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Aarau.



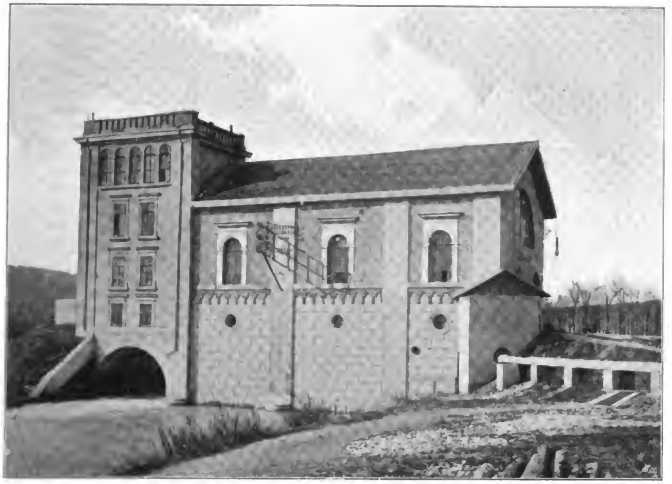
1. Längenschnitt des Maschinenhauses, ca. 1 : 250.



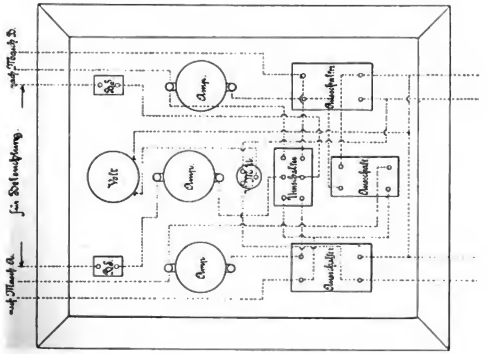
2. Querschnitt des Maschinenhauses, ca. 1 : 250.

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Aarau.



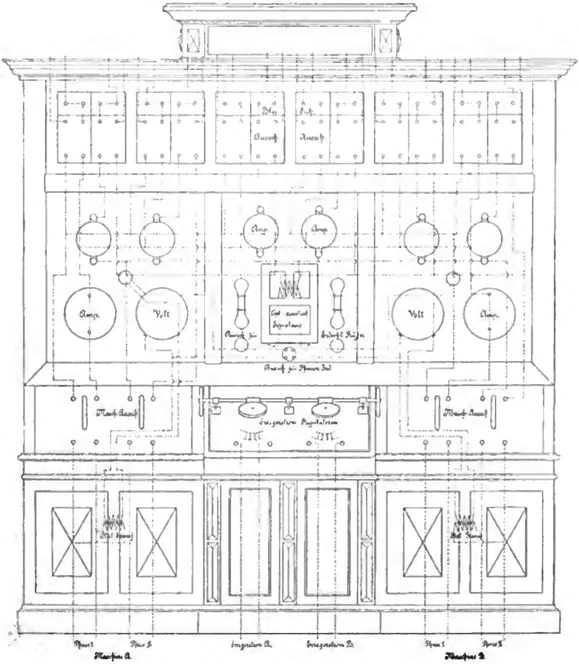
3. Ansicht des Maschinenhauses.



4. Schema des Beleuchtungs-Schalthretts.

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Aarau.

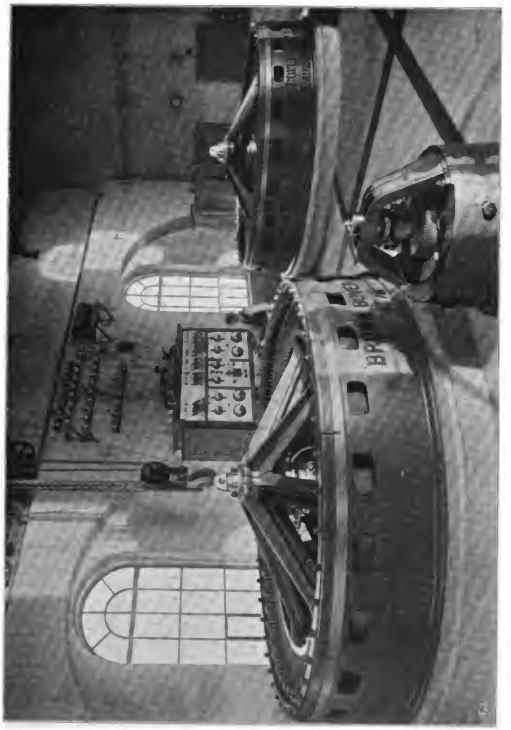


Hauptstromschalttafel.

5. Schema des Haupt-Schaltbretts.

Digitized by Google

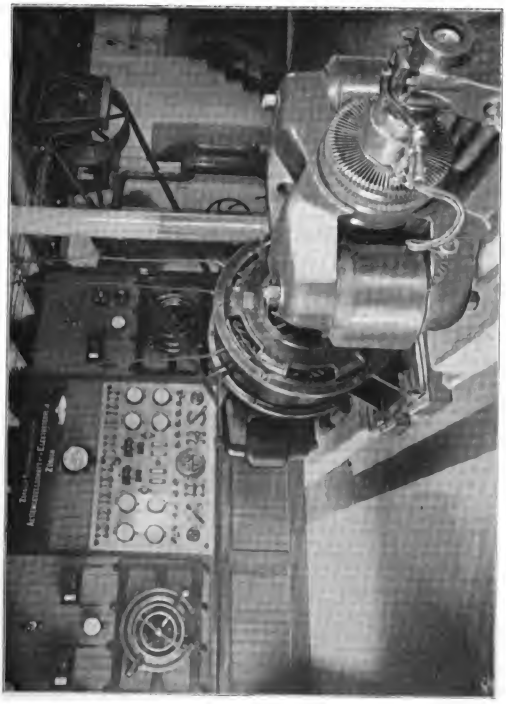
Elektricitätswerk der Stadt Aarau.



6. Ansicht des Maschinensaales

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Aarau.



7. Ansicht des Maschinensaales der Lichtzentrale.
(Unterstation der Kraftzentralen.)

Digitized by Google

Elektricitätswerk Dorenberg-Luzern.

(Besitzer: **Gebrüder Troller & Cie.**)

Erbaut 1884—1886; in Betrieb gesetzt Juni 1886; Umbauten 1887 und 1893.

Erbauer:

Turbinen und Transmissionen: **Th. Bell & Cie., Kriens.**
Elektrischer Teil:
Erste Anlage der Generatoren und Transformatoren: **Ganz & Cie., Budapest.**
Neuer Generator: **Brown Boveri & Cie., Baden.**
Leitungen, Umbau der ältern Generatoren, neuere Transformatoren: **Gebr. Troller & Cie.** in Regie.
Kabel: Z. T. **Siemens & Halske, Berlin,** z. T. **Berthoud Borel & Cie., Cortaillod.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der kleinen Emme.

Elektrisches System: Einphasenwechselstrom von 2000 Volt; primäre Luftleitungen bis und um Luzern; Transformation auf 1000 Volt vor dem Hochspannungskabelnetz; Sekundärleitungen (100 Volt Zweileiter) zumeist unterirdisch als Kabel, nur einzelne äussere Zweige und Bogenlichtkreise als Luftleitungen.

Wirkungskreis: Zumeist Lichtabgabe für die Stadt Luzern, vor allem die grossen Hôtels; z. T. auch in die Umgebung Luzerns; kleinere Motoren in der Stadt.

Leistung und Ausdehnung:

Turbinen: 2 à 600 HP. (eine Reserve).
Dynamos: 3 ältere à 200 HP. und 1 neuere à 600 HP.
Primärleitung: ca. 5½ Km. Luftlinie; dazu Kabelleitung in der Stadt ca. 6 Km.
Sekundäre Leitungen: ca. 22 Km. Kabel.
Transformatorenstationen: 24.

Anschluss, Sommer 1896: ca. 12000 Glühlampen (meist à 10 K.)
65 Bogenlampen.
25 kl. Motoren.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Dorenberg-Luzern.

Allgemeines. Es ist dieses Werk die älteste Centralstation für ausgedehnte elektrische Städtebeleuchtung in der Schweiz und zugleich das erste grössere Werk mit Wechselstrom und Transformatoren überhaupt. Es hat aus diesem Grunde alle Wandlungen der Wechselstromtechnik durchgemacht, so dass seine Teile und seine Entwickelung, oft durch die Initiative seiner Besitzer Gebr. Troller selbst gefördert, schon deshalb interessant sind.

Es wurde 1884—86, im elektrischen Teil durch die damals einzig mit Transformatoren und hochgespanntem Wechselstrom arbeitende Firma Ganz & Cie. in Budapest, erstellt, mit reinen Luftleitungen und Einzeltransformatoren bei jedem Abonnenten. Die Erkenntnis der Gefahren dieser vielen, zugänglichen Punkte mit Hochspannung rief Ende 1887 der Verlegung eines unterirdischen Primär-Verteilungsnetzes und gleichzeitiger Reduktion der Zahl, sowie besserer Plazierung und Vergrösserung der Leistung der einzelnen Transformatorenstationen. Hand in Hand damit musste die Erstellung und Ausdehnung von anfänglich ganz vermiedenen Sekundärnetzen (Kabel) gehen. Die Gefährdung des grossen Primärkabelnetzes durch Blitz bei direktem Anschluss der Luftleitung führte zur Transformierung zwischen Luftleitung und Kabelnetz. Gleichzeitig ermöglichte der Fortschritt im Transformatoren- und Dynamobau die Auswechslung der ältesten Transformatoren gegen grössere mit geringerer Erwärmung, den Umbau der Ganz'schen Generatoren in vorteilhaftere, und endlich die Anschaffung einer direkt auf die Turbine gekuppelten 600 pferdigen Dynamo. Die nachstehenden Notizen beziehen sich auf den gegenwärtigen Zustand.

Wasserwerksanlage. Ein bei Hochwasser automatisch sich öffnendes, 33 m langes *Klappenwehr* führt das Wasser der kl. Emme in den ca. 2000 m langen, 7 m breiten *Oberwasserkanal*. 15 m Gefalle zum Unterwasser. *Turbinen* sind 2 aufgestellt, à je 600 HP, mit vertikalen Wellen:

Die ältere über je 2 Rädervorgelege die Ganz'schen,
die neue direkt den Brown'schen Generator antreibend.

Elektrische Anlage. 3 Generatoren à je 200 HP mit horizontalen Wellen, ursprünglich von Ganz & Cie., umgebaut durch Gebr. Troller. Rotierendes, mit lamelliertem Polen versehenes Magnetrad; feststehender, mit auf Polfortsätzen geschobenen Spulen versehener geteilter Anker.

1 Generator à 600 HP, mit rotierendem, direkt auf die vertikale Turbinenwelle aufgekeiltem Magnetrad mit einzeln bewickelten Polen und feststehendem, in 3 unabhängigen Teilen nach aussen zu entfernendem Lochanker von Brown Boveri & Cie., aufgestellt 1893. (*Damals grösste und langsamst gehende Dynamo der Schweiz, 60* Touren per Minute).

Erreger separat, von besonderer Turbine angetrieben.

Digitized by Google

Primäre Luftlinie $5^1/_2$ km auf imprägnierten Holzstangen, in Kurven auch öfters auf eisernen Gittermasten, montiert, so auch bei Bahnüberführungen und Transformatorenstationen (siehe die Bilder). Transformatoren $^{2000}/_{1000}$ Volt von je 120 Kilowatt von dem Uebergang in das

Primäre Kabelnetz aus koncentrischen, eisenbandarmierten Kabeln in Sand. Dieses Netz ist so viel als möglich geschlossen von Transformator zu Transformator.

Transformatorenstationen. Es sind deren 24, zumeist auf öffentlichen Strassen und Platzen, z. T. an passenden feuersicheren Stellen bei grossen Abonnenten (Hôtels etc.) untergebracht. Die Form ist nach Bedarf mannigfach, z. B.: Viereckiger Sockel eines Blech-Obelisks für den Uebergang aus der Luftlinie; runde Plakatsäulen mit drehbarem, die Besichtigung von allen Seiten gestattendem Mantel (zuerst hier verwendet) für Kabelanschluss an Plätzen und breiten Strassen etc. (Siehe die Abbildungen).

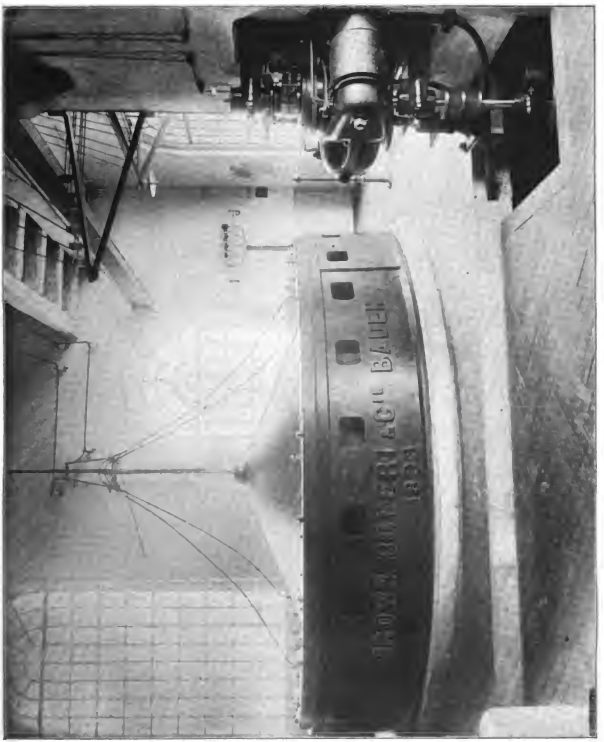
Sekundärleitungen. Zumeist unterirdisch, aus je 2 nicht armierten, in Backstein-, Holz- oder Thonrinnen in feinen Sand verlegten Bleimantelkabeln. Zugängliche Kreuzungskasten in Schächten, mit ausschaltbaren Bleisicherungen.

Oeffentliche Bogenlichtbeleuchtung. Diese besitzt besondere Transformatoren in den Stationen, mit nach Lampenzahl regulierbarer Spannung. Diese Lampen sind bis zu 10 in Serien geschaltet.

Die Privatbeleuchtung beschlägt zumeist die grossen Hôtels (welche s. Z. die Schöpfung der Anlage veranlassten), Restaurants und Magazine, welche zu einem grossen Teil mit der Fremdenindustrie zusammenhängenden Institute einen selten bei Lichtwerken vorkommenden Ausgleich zwischen Sommer- und Winterbedarf und daher gute Ausnützung der Wasserkraft ergeben. Aber auch *allgemein* hat sich die elektrische Beleuchtung in Luzern s. Z. rasch und umfangreich Eingang verschafft.

Digitized by Google

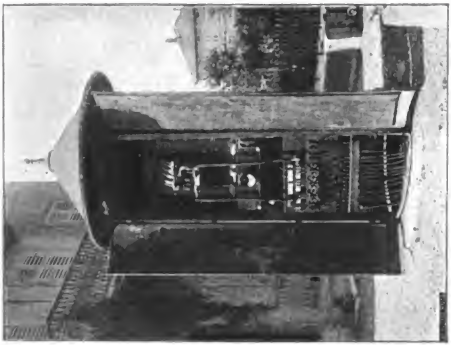
Elektricitätswerk Dorenberg-Luzern.



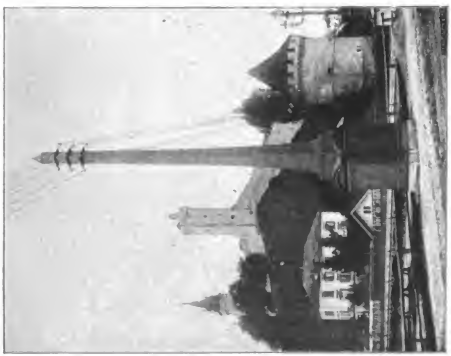
1. Ansicht des 600 HP-Generators mit Erreger.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Dorenberg-Luzern.



3. Transformatorenstation mit unterirdischer Zuleitung.



2. Transformatorenstation mit Turm für Luftleitung.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Dorenberg-Luzern.

4. Transformatorenstation in den Quai-Anlagen.

5. Bahnüberführung der Hochspannungsleitung.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen b. Luzern.

Aktiengesellschaft.

Erbaut: November 1894—Juni 1896. — Eröffnet: Juli 1896.

Erbauer:

Allgem. Bauleitung: Wasserwerksanlage: Ingenieur **R. Isaak.**
Maschinen und Elektr. Anlage: Ingenieur **P. Lauber.**
Turbinen und Transmissionen: Maschinenfabrik von **Th. Bell & Cie., Kriens.**
Elektr. Teil: **Brown Boveri & Cie. in Baden.**
Luftleitungen: **Regie der Gesellschaft.**
Kabel: **Felten & Guilleaume** und **Siemens & Halske.**

Betriebskraft;

Wasserkraft der Reuss.

Elektr. System: Zweiphasen-Wechselstrom mit Transformatorenstationen, Motoren über 60 HP. ohne Transformation.

Wirkungskreis: Vorzügl. Stromabgabe für Motoren der Industriellen Luzerns und der umliegenden Ortschaften, wie Kriens, Emmenweid etc.

Leistung:

	Bei Eröffnung:	*Ausgebaut:*
Betriebskraft:	900 HP.	1500 HP.
Generatoren:	690 KW.	
Transformatoren:	450 KW.	
Motoren mit direktem Anschluss:	240 KW.	

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen b. Luzern.

Wasserwerk. **Gefälle** von 4,12 –4,82 m wechselnd; im Sommer 1500, im Winter 1200 HP. effektiv.

Klappenwehr, 48 m breit, 1,2 km ob Rathausen, bei Niederwasser die ganze Reuss in den Kanal leitend und zum Turbinenhaus mit 6 Kammern.

Kanaleinlauf 32 m breit; 8 Schützen, jede Schützentafel aus 3 Teilen, 0,5 m, 1 m und 1,5 m hoch. Dieselben können beliebig, je nach dem Wasserstand, zur Abhaltung des Geschiebes unten gelassen werden.

Zulaufkanal. 1200 m lang, beim Einlauf 22 m breit, 1,75 m hoch, vor dem Turbinenhaus 11 m breit und 3 m hoch, parallel mit der Reuss mittelst Mauer aus Beton von derselben getrennt. Vor dem Rechen eine Spülschleuse, sowie 30 m langer Ueberfall, und 300 m oberhalb des Turbinenhauses ein sich bei Hochwasser automatisch öffnender Ueberfall.

Ablaufkanal. 1200 m lang, 20 m Sohlenbreite, am Auslauf eine Trennungswand aus Beton zur Abhaltung der Verkiesung.

Maschinenhaus aus Beton erstellt, auf Felsen fundiert mit fünf Turbinenkammern und einer sechsten für Drehschützenbewegung, kleine Werkstatt und Versuchsraum. Im Maschinenraum ein Laufkrahn von 12 Tonnen Tragkraft.

Turbinen. Vorläufig 3 à 300 HP. aufgestellt und zweikränzige Reaktionsturbinen von 60 Touren per Minute, mit verlängerten Wellen für die Polräder der Generatoren.

Turbinenregulierung. Je der innere Kranz mit Klappen von Hand regulierbar, äusserer Kranz mit ausbalancierter Ringschütze automatisch regulierbar durch Patentschaltregulatoren, bei welchen die Wirkung nach geometrischer Progression verläuft, so dass die Wirkung (Reguliergeschwindigkeit) bei jeder Belastung *prozentual* konstant bleibt.

Elektrischer Teil. **3 Generatoren** à 300 HP., 60 Touren p. M. Das Magnetrad mit 80 angeschraubten Polen direkt auf die verlängerte Turbinenwelle gekuppelt. Der Armaturkranz feststehend, die Wicklung in Löcher gebettet. Betriebsspannung 3300 Volt.

Erreger jedem Generator seitlich angebaut, von der Turbinenwelle mittelst Winkelrädern angetrieben, 450 Touren, 70 Volt, Leistung 15 HP.

Regulierung. Spannung im Nebenschluss der Erreger von Hand regulierbar.

Die *Verbindungsleitungen* werden von den Generatoren in einem besonderen Gang im Zwischengewölbe, sichtbar jedoch geschützt, geführt zur

Digitized by Google

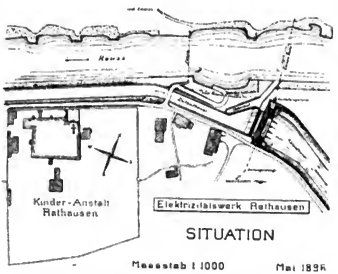
Schalttafel, die entsprechend der Anzahl Generatoren in 5 mittlere Felder geteilt ist, mit 4 Feldern links für Kraftstromleitungen und 4 Feldern rechts für Lichtstromleitungen. Alle Ausschalter, Sicherungen und Verbindungen hinten zugänglich. Transformatoren für Stationsbeleuchtung auf Schalttafelgestell aufgebaut. Telephon der Unterstationen hinter derselben. Generatoren beliebig auf Kraft od. Licht-Sammelschienen parallel schaltbar.

Primärleitung für Zweiphasenstrom mit 3 Leitern. 15 Drähte vom Verteilungsturm neben dem Maschinenhaus der Reuss entlang bis zur Unterführung der S. C. B. in Emmenbrücke (3 km); rechts Abzweigung nach der Emmenweid 6 Drähte (1,6 km) 200 und 300 HP., links nach dem Sonnenberg 12 Drähte (2,7 km). Auf Sonnenberg Abzweigung rechts nach Kriens 6 Drähte (1,1 km) 220 HP., links nach dem Eichhof 6 Drähte (1,9 km). Transformatorenturm mit turmartigem Aufsatz, vorläufig 200 KW. Transformatoren für Stadtgebiet 3000/1500 Volt, von hier aus Kabelleitung in Tonkanälen. Weitere Transformation auf 120 Volt. Direkte Abzweigung der Hochspannung für 165 HP.-Motor.

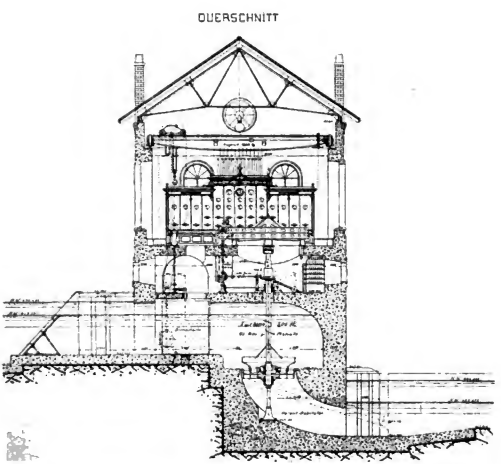
Projektierte Leitungen über den Rootsee nach Luzern und Meggen, nach dem Seethal und nach Sursee. Durchschnittlicher Abstand der Leitungsstangen 38 m. Höhe 11—15 m. Saugspitzen auf denselben. Dreifach Glockenisolatoren für Primärleitung.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen.



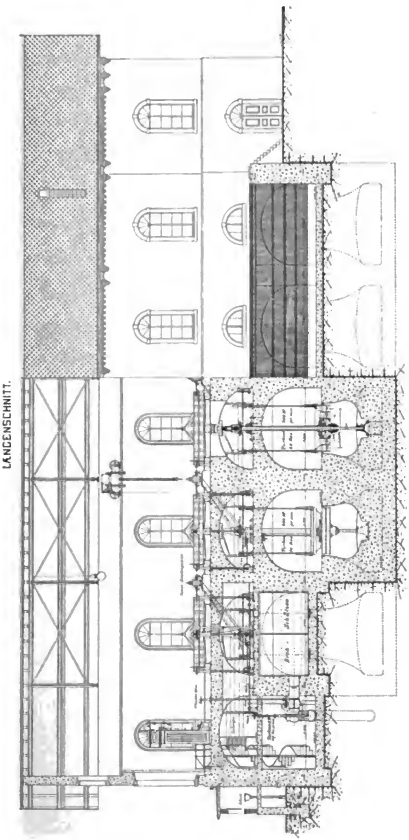
1. Situation der Wasserkraftanlage. Masstab 1 : 5000.



2. Querschnitt des Maschinenhauses. Masstab 1 : 250.

Digitized by Google

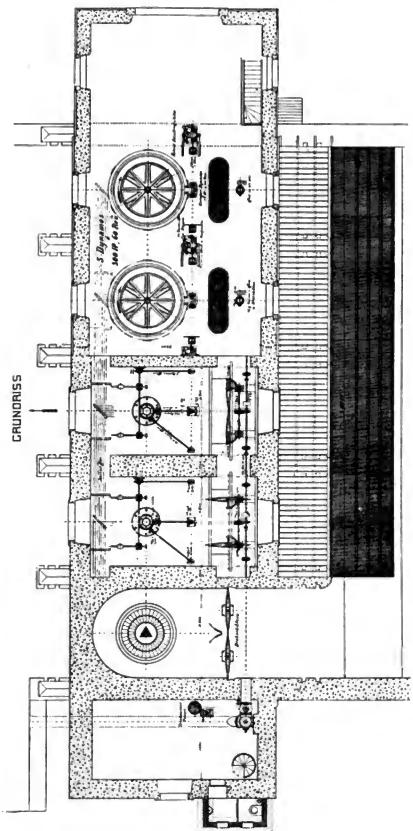
Elektricitätswerk Rathausen.



3. Längsschnitt des Maschinenhauses. Masstab 1:250.

Digitized by Google

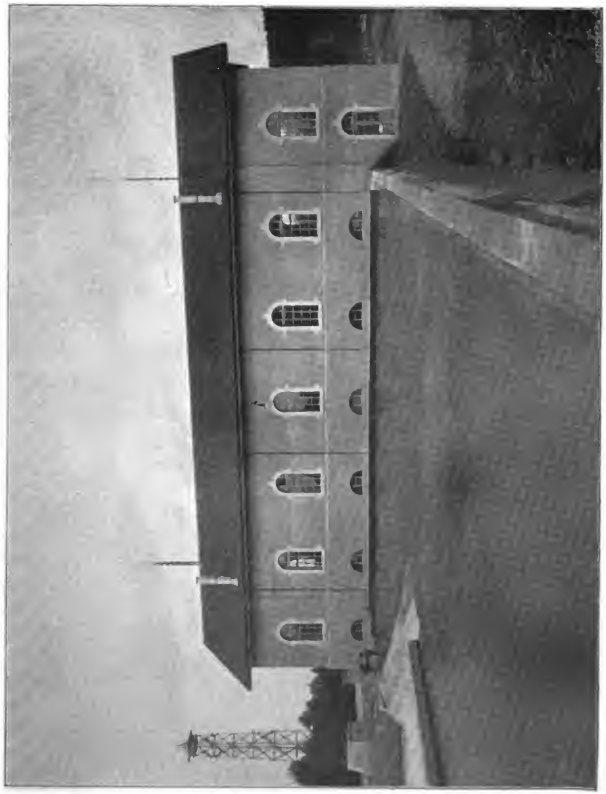
Elektricitätswerk Rathausen.



4. Grundriss des Maschinenhauses. Maßstab 1 : 250.

Digitized by Google

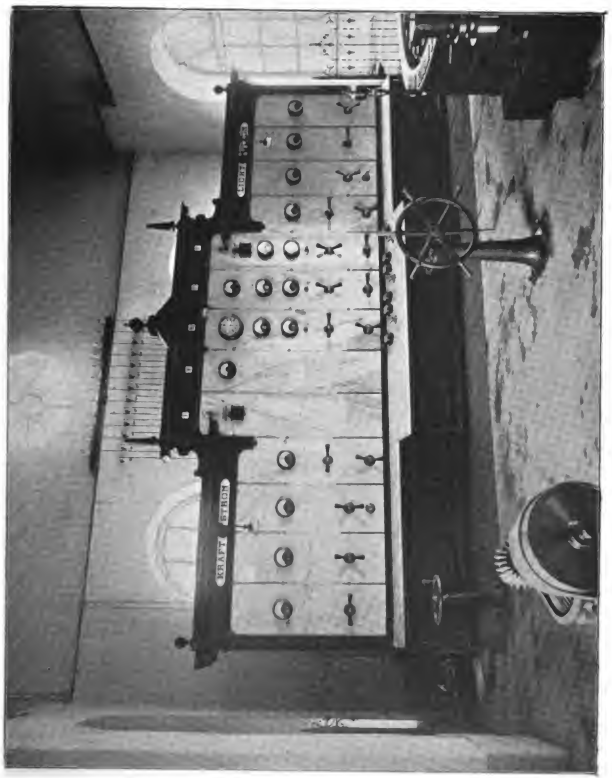
Elektricitätswerk Rathausen.



5. Ansicht des Maschinenhauses.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen.

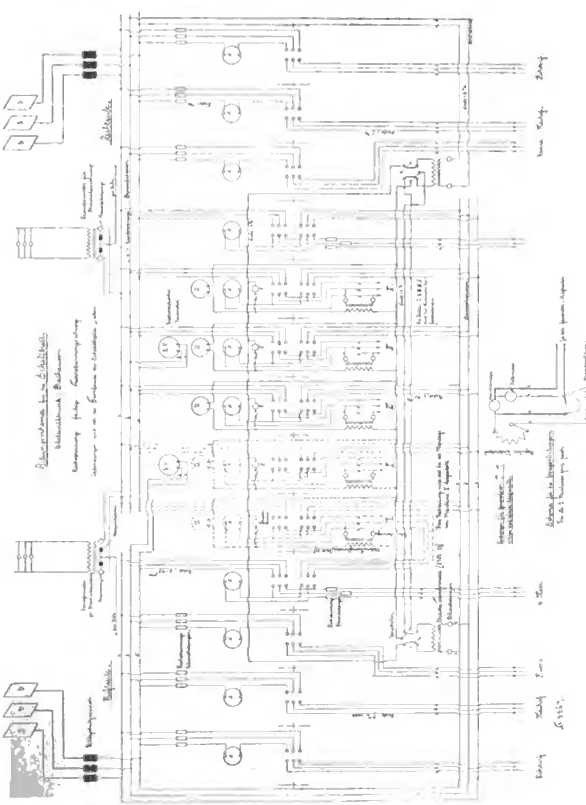


6. Ansicht des Schaltbretts.

Digitized by Google

Digitized by Google

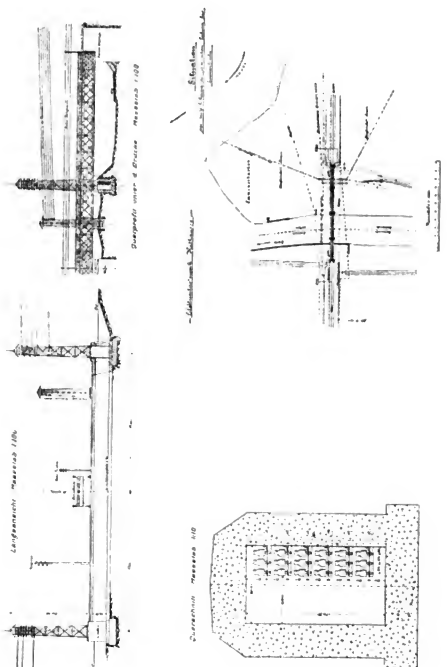
Elektricitätswerk Rathausen.



7. Schema des Schaltbretts.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen.



8. Unterführung der Hochspannungsleitung bei Emmenbrücke.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Rathausen.

9. Karte des Hochspannungsnetzes 1 : 100 000.

Mit Bewilligung des eidgenössischen topographischen Bureau reproduziert.

Digitized by Google

Funiculaires du Stanserhorn et du Burgenstock

Tramways Stans-Stansstad près Lucerne

Actionnés par l'électricité.

Société du chemin de fer du Stanserhorn, Société anonyme.

Construits en { 1892/1893 — Stanserhorn — août 1893 ; 1887/1888 — Burgenstock — 1893 ; 1893 — Stans-Stansstad — 1893 } mis en service.

Constructeurs:

Entreprise générale par **Bucher & Durrer, Kägiswyl.**
Turbines: Société anonyme des Ateliers de constructions de **Th. Bell & Cie., Kriens.**
Partie électrique: **Compagnie de l'Industrie électrique** de **Génève.**
Voie et système de freins: **Bucher & Durrer, Kägiswyl.**
Voitures: Société anonyme des ateliers de constructions de **Th. Bell & Cie., Kriens.**

Force motrice:

La rivière de l'Aa d'Engelberg.

Système électrique: Distribution à courant continu, potentiel constant, par machines Thury.

3 Stations réceptrices, correspondantes aux 3 tronçons à traction funiculaire, pour le Stanserhorn (tension 1600 Volts).

1 Station réceptrice pour le Bürgenstock (tension 700 Volts, traction funiculaire et action de dynamos d'éclairage).

Courant de 600 Volts pour les Tramways Stans-Stansstad.

La station la plus éloignée se trouve à 7 km. de la station génératrice.

Force distribuée: Funiculaires du Stanserhorn, 3 moteurs de 50 à 60 HP.

Tramway Stansstad-Stans 1 génératrice et 3 voitures à 1 moteur de 15 HP.

Funiculaire du Burgenstock 2 génératrices et 2 moteurs de 25 HP.

Elevation de l'eau 1 moteur 25 HP.

Digitized by Google

Chemins de fer funiculaires à traction électrique du Stanserhorn et du Burgenstock et Tramway électrique de Stans-Stansstad.

Usine génératrice. La rivière l'Aa qui descend d'Engelberg pour se jeter dans le Lac des Quatre Cantons près de Buochs fournit la *force motrice* nécessaire, utilisée au moyen d'une *turbine* de 150 HP commandant une transmission sur laquelle sont attelées différentes machines génératrices. Cette station, située près de Buochs, offre un exemple probablement unique en son genre d'utilisation complexe.

Une seule turbine de 150 HP dessert le *funiculaire du Burgenstock*, *l'élévation d'eau et l'éclairage des hôtels*, *le tramway de Stansstad-Stans et le funiculaire du Stanserhorn*. Cet exemple est assez remarquable pour mériter une mention spéciale et met en pleine lumière les qualités remarquables de l'électricité. Nul autre agent ne permettrait aussi facilement et rationnellement l'utilisation à grande distance d'une force naturelle.

Dans l'usine génératrice sont placés:

Une génératrice de 30 HP, 700 volts, pour le Burgenstock,
» » » 50 HP, 600 » alimentant le tramway de Stans-Stansstad,
» » » 100 KW, 1600 volts, 350 tours, du type Thury HD, à excitation indépendante, qui sert à actionner les funiculaires du Stanserhorn.

CHEMIN DE FER FUNICULAIRE A TRACTION ELECTRIQUE DU STANSERHORN.

Le *Stanserhorn* est, dans le voisinage de Lucerne, la troisième sommité que les touristes peuvent atteindre par un chemin de fer de montagne:

1° Le Righi, 1300 m au-dessus du lac des Quatre Cantons, desservi par le premier chemin de fer à crémaillère avec traction par locomotives à vapeur; rampes maxima de 20 %; durée du trajet une heure et quart.

2° Le chemin de fer du Pilate, 1650 m au-dessus du lac, desservi par des voitures automotrices à vapeur; rampes maxima de 48 %; durée du trajet une heure 25 minutes.

3° Le chemin de fer du Stanserhorn s'élève bien plus rapidement; il atteint 1400 m au-dessus du lac avec un parcours de 4000 m. Il se compose de 3 tronçons à tractions funiculaires actionnées par moteurs électriques.

Le premier tronçon part de *Stans* pour aboutir à la première station de *Kälti*, il a une longueur de 1550 m et la plus forte rampe est de 27,5 %, la force motrice nécessaire est de 50 HP.

Digitized by Google

La deuxième section a une longueur de 1 090 m, rampe maxima 60 %, et utilise une force de 50 à 60 HP.

La troisième section qui aboutit à l'hôtel construit au sommet a une longueur de 1 275 m, la *rampe maxima* est de **62** % et la force utilisée de 50 à 60 HP.

La durée du trajet sur les trois sections du funiculaire est de 13 minutes et le trajet total s'effectue en 45 minutes.

Partie électrique. La *distribution électrique* qui sert à actionner les funiculaires du Stanserhorn est une distribution en dérivation à courant continu au potentiel constant de *1600* volts.

Stations réceptrices. Les trois stations réceptrices sont branchées en dérivation et utilisent chacune un moteur électrique, système Thury, de 44 kilowatts, 475 tours.

Au départ, le moteur doit fournir le travail nécessaire à la traction de la voiture inférieure, l'effort va graduellement en diminuant par suite des longueurs de câbles qui se font de plus en plus équilibres; aux $^2/_3$ du parcours l'effort à fournir par le moteur devient nul et à partir de ce moment on doit régler avec le frein l'excès de travail de descente disponible.

Chaque station comprend une machine à vapeur de réserve permettant de parer à la surcharge de la station génératrice en cas de manque d'eau.

Le câble de traction est conduit de l'axe de la voie sur un tambour commandé au moyen d'un engrenage par la transmission sur laquelle travaillent, soit le moteur électrique, soit le moteur à vapeur et qui est munie du frein servant au réglage de la vitesse.

Le moteur devant changer de sens de marche à chaque course est commandé par un appareil de mise en marche à levier combiné de manière à changer le sens du courant et à l'interrompre.

Voitures. Les caisses des voitures sont en forme d'escaliers, elles sont divisées en 4 compartiments à 8 places; en comprenant les plate-formes elles peuvent porter 40 voyageurs. Le tonnage des voitures à vide est de seulement 3 800 kg.

Freins de sûreté. La particularité la plus originale du chemin de fer du Stanserhorn est l'absence complète de crémaillère. MM. Bucher & Durrer ont, en effet, cherché à se passer de cet organe, réputé jusque-là indispensable à tout chemin de fer de montagne, et ils ont combiné dans ce but un frein énergique agissant directement sur les *rails* de roulement.

Ce frein est formé de deux puissantes pièces qui viennent serrer le rail sous l'action d'une vis à filets inverses. L'axe de cette vis est pourvu d'un accouplement à friction qui entre en mouvement lors de la rupture du câble, un levier à contrepoids venant à ce moment-là mettre en jeu l'accouplement qui transmet à la vis à filets inverses le mouvement des roues de la voiture. Le frein est donc absolument automatique.

Les deux essieux de chaque voiture sont munis de ce frein automatique; de plus un troisième frein, pareil aux deux premiers, peut être commandé à la main de chaque plate-forme. Ce troisième frein ne sert nullement à régler la vitesse, mais constitue uniquement une réserve pour le cas où les freins automatiques refuseraient de fonctionner.

Digitized by Google

Une dernière disposition permet enfin de provoquer de chaque plate-forme l'action des freins automatiques par le moyen d'un levier à pédale.

Chaque frein est calculé de manière à pouvoir à lui seul arrêter sur une rampe de 63 % une voiture complètement chargée animée d'une vitesse de 3 mètres à la seconde. La pression exercée sur les rails par une des pinces est de 13 500 kg au moins avec une voiture pleine et un coëfficient d'adhérence de 0,15.

Les *rails* ont un profil particulier, pour faciliter le serrage par les mâchoires, ce sont des rails Vignole dont la tige s'évase en haut pour se raccorder au champignon sans partie concave: comme on le voit, par suite de la forme du rail, l'action du frein augmente au fur et à mesure du serrage. Toutes les précautions ont donc été prises pour assurer une exploitation sans danger.

M. l'ingénieur Strub, inspecteur technique des Chemins de fer suisses, fit plus de 40 essais différents sur une rampe de 70 % avec ce nouveau frein et déclara qu'il ne laissait rien à désirer.

INSTALLATIONS ELECTRIQUES DU BURGENSTOCK.

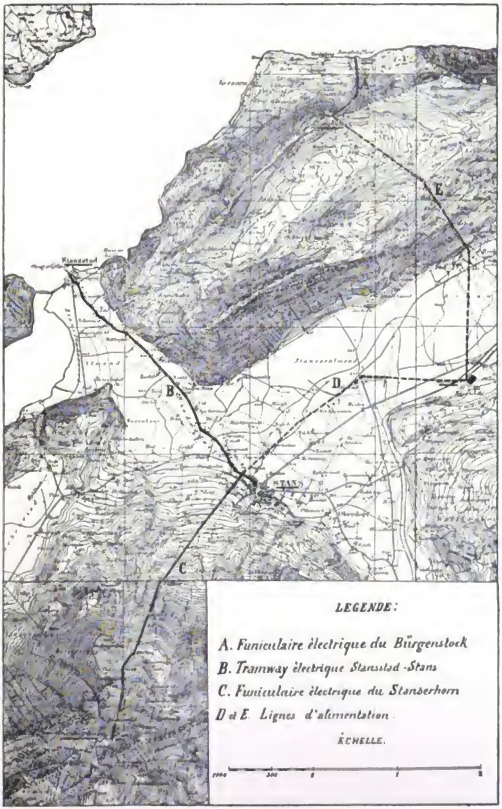
Le *funiculaire du Burgenstock* établi en 1888 représente une transmission de force simple, à courant continu de 700 volts, dont le courant, pendant l'intervalle entre les trains est utilisée pour l'*élévation* à 300 m de hauteur *de l'eau d'une source* pour l'alimentation des hôtels. Pendant la soirée la transmission de force est utilisée, en parallèle avec une batterie d'accumulateurs, pour l'*éclairage des hôtels*.

LE TRAMWAY ELECTRIQUE DE STANSSTAD A STANS

construit en 1893 pour desservir la ville de Stans et le chemin de fer du Stanserhorn est alimenté par un courant à potentiel constant de 600 volts, amené directement de l'usine génératrice. L'équipement de la ligne se compose de trois voitures automobiles de 30 places qui pèsent au complet 5700 kg, et deux voitures ouvertes, de 30 places également, destinées à être remorquées. Chaque voiture automobile est munie d'un moteur de 15 HP.

Digitized by Google

Installations électriques du Bürgenstock et du Stanserhorn.

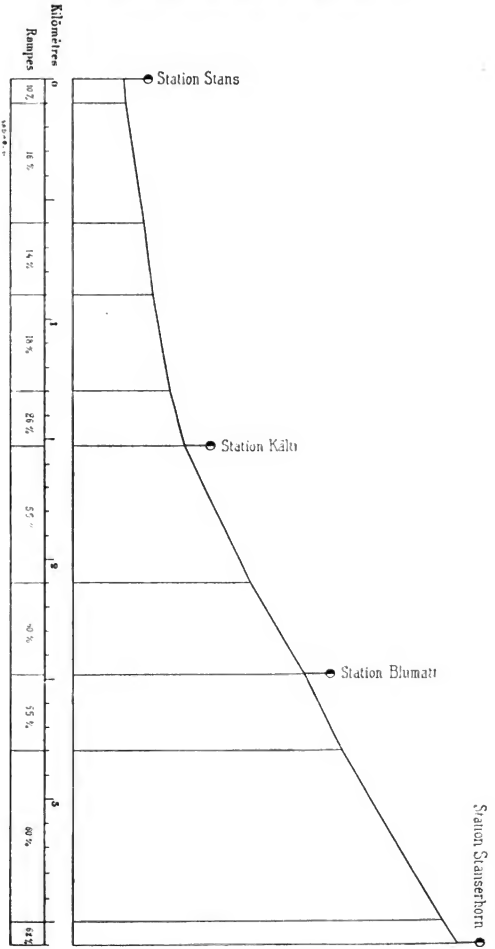


Mit Bewilligung des eidgenössischen topographischen Bureau reproduziert.

1. Carte générale.

Digitized by Google

Installations électriques du Stanserhorn.



2. Profil en long du funiculaire du Stanserhorn.

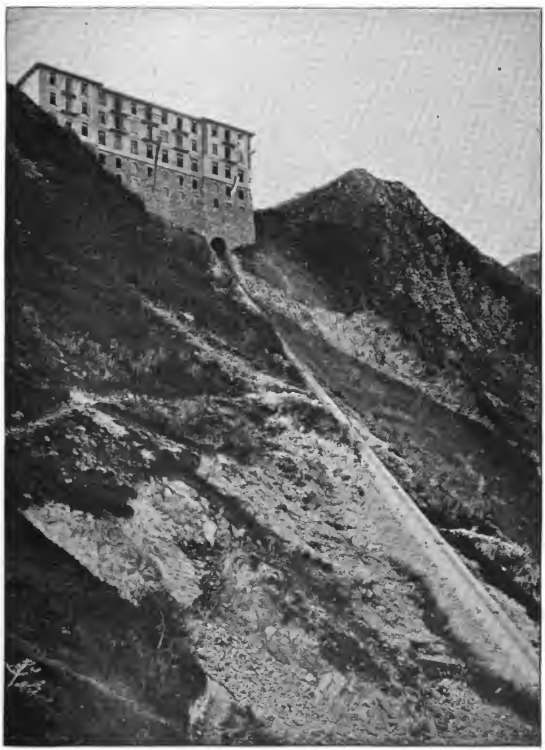
Digitized by Google

Installations électriques du Stanserhorn.

3. Station de Blumatt.

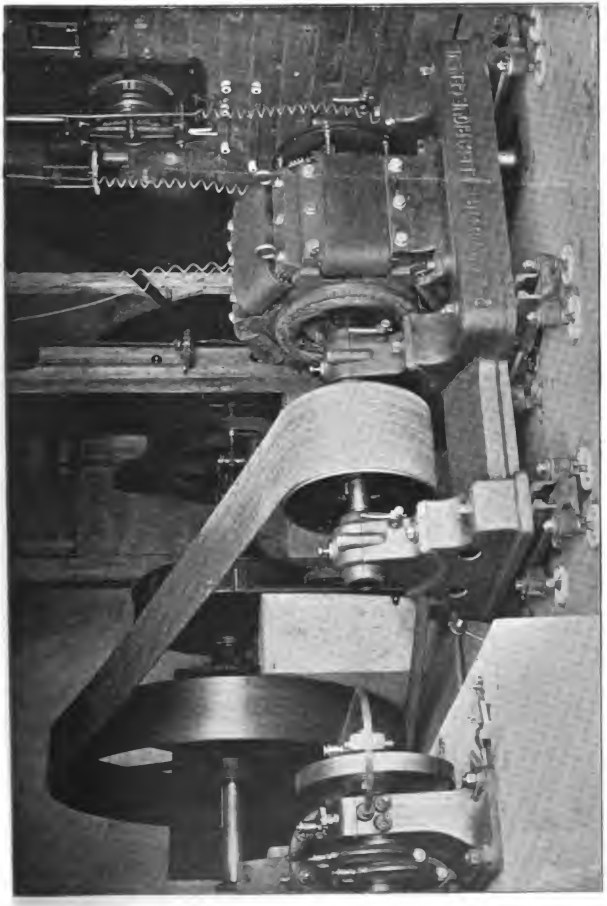
Digitized by Google

Installations électriques du Stanserhorn.



4. Rampe maxima du funiculaire, Hôtel et sommet.

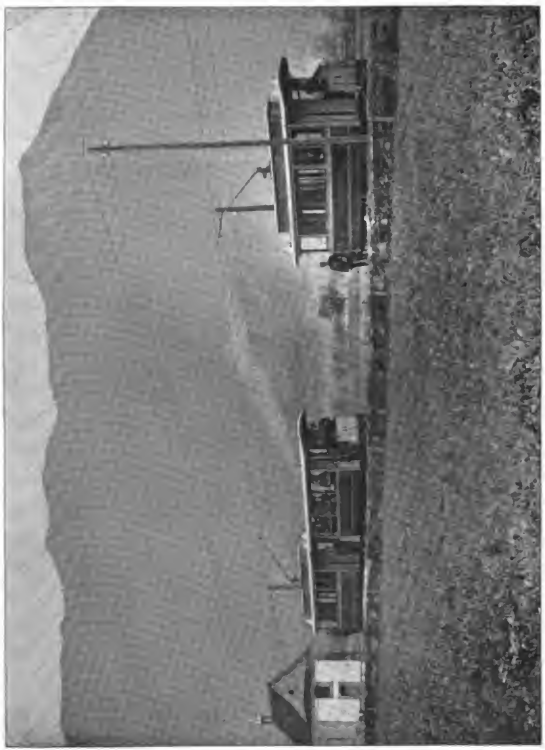
Digitized by Google



5. Station réceptrice du Stanserhorn.

Digitized by Google

Installations électriques du Stanserhorn.



6. Tramway de Stansstad à Stans. — Voitures en marche.

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Zürich.

Eigentum und Regiebetrieb der Stadtgemeinde Zürich.

Erbaut 1891/1892. — Eröffnet August 1892.

Erbauer:

Allgemeine Bauleitung: **Städtisches Bureau** (Ingenieur W. WYSSLING).
Turbinen, Transmissionen: A.-G. der Maschinen-Fabrik von **Escher Wyss & Co.**
Dampfreserve: **Gebrüder Sulzer, Winterthur.**
Elektrischer Teil: **Maschinenfabrik Oerlikon.**
Kabel: **Société d'exploitation des câbles électriques,**
System BERTHOUD BOREL & Co., **Cortaillod.**
Oeffentliche Bogenlampen: **Siemens & Halske, Berlin.**
Kandelaber derselben: **von Roll'sches Eisenwerk Clus** bei Balstal und
Theiler, Kunstschlosser, **Zürich V.**

Betriebskraft:

Wasserkraft des Flusses „Limmat" und ***Dampfreserve,*** sowie ***Hochdruckturbinen,*** *betrieben durch accumuliertes Wasser.* | *Gemeinsam mit der Pumpstation der „Wasserversorgung d. Stadt Zürich", welche die Kraft dem Elektricitätswerke vermietet.*

Elektrisches System: *Einphasen-Wechselstrom* mit grössern Transformatorenstationen; unterirdische Leitungen; Dreileitersystem im Secundären, mit 2 × 100 Volt.
Wirkungskreis: Vorzüglich *Lichtabgabe* im Gebiet der erweiterten Stadt.
Betriebskraft: Von der Wasserversorgung entsprechend beigestellt.
(600 HP. neue Dampfreserve.)

Leistung und Ausdehnung:

	Bei Eröffnung:	*Ende 1895:*	*1896 im Bau:*
Generatoren:	400 Ko Watt	800 Ko Watt	400 Ko Watt
Transformatoren:	300 „	750 „	ca. 100 „
Kabelnetz: Grabenlänge:	16.2 Km	36.1 Km	ca. 4.2 Km
Primärkabel:	17.7 „	37.7 „	ca. 3.0 „
Sekundärkabel:	35.6 „	84.8 „	ca. 15.0 „
Oeffentliche Bogenlichtkabel:	13.1 „	13.1 „	—
Anschluss-Aequivalent = (in 16 kerz. Lampen)	5790 Lampen	19210 Lampen	ca. 2000 Lampen
darunter öffentl. Bogenlampen	41 Stück	41 Stück	—

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Zürich.

Maschinenstation (im „Letten" an der Limmat, Zürich IV). In gemeinsamem Gebäude mit der Pumpstation der städtischen Wasserversorgung; allgemeine Disposition im Anschluss an genannte, seit längerer Zeit bestehende Einrichtungen.

Nadelwehr bei der Platzpromenade, im Winter den ganzen Seeabfluss in den **Kanal** leitend. Am Turbinenhaus Ober- und Unterwasserkanal vertikal übereinander vor demselben angeordnet. 12 Turbinenkammern. Gefälle von 1½—3 m wechselnd. Wasserkraft im Sommer ca. 1200, im Winter ca. 600 HP. effektiv.

Turbinen: 10 Jonval-Reaktionsturbinen von 100 à 150 HP. aufgestellt, welche paarweise auf Hohlwellen, diese einzelnen einkuppelbar auf **durchgehende Welle** (100 Touren p. M.) treiben. Letztere gewöhnlich im untern Teil (für den Elektricitätswerkbetrieb), vom obern Teil (für die Pumpen) getrennt aber kuppelbar.

Regulierung der Turbinen XI und XII durch 48 Klappen auf den Leitkanälen des äussern Kranzes; Betrieb von Hand.

(Diese vorgenannten Einrichtungen der Wasserversorgung gehörig).

4 Generatoren à 300 HP. 200 Touren p. M., deren horizontale Wellen in Eine kuppelbar, von der Mitte aus durch Zahnrad von der obgenannten durchgehenden Welle (Niederdruckturbinen und Dampfreserve) angetrieben, von den Enden aus durch Hochdruckturbinen (300 HP. 200 Touren p. M.) direkt. Bemerkenswert sind die zwischenliegenden „Riegelkupplungen" mit genauer Teilung, durch welche die Generatoren mechanisch fest in die Phasen-Coincidenz gekuppelt werden und welche auch während des Ganges einkehrbar sind. Es wird dabei die eine Hälfte von den Niederdruckturbinen, die andere von den Hochdruckturbinen aus angetrieben auf volle Tourenzahl, sodass beinahe keine Relativ-Bewegung mehr da ist und gekuppelt werden kann wie in Ruhe. Generatoren nach Kapp, 2000 Volt, 100 Ampères, 50 Perioden (2×30 Pole) rotierender Flachring-Anker mit hochkantgestelltem Flachdraht.

2 Erreger, jeder für alle 4 Generatoren genügend, mit 400 Touren p. M. ähnlich gekuppelt und angetrieben wie die Generatoren. Betrieb mit 1 Erreger, 2ter Reserve; Parallelschaltung beider möglich.

Hochdruckturbinen: Zu Zeiten geringern Kraftbedarfes pumpt die Wasserversorgung mit überschüssiger Kraft Limmatwasser in ein Reservoir auf dem Zürichberg, welches zur Zeit maximalen Kraftbedarfes wieder die Hochdruckturbinen speist mit 15 Atm. Druck. Bemerkenswerte automatische Regulierung durch Steurung von Druckwasser auf einen Kolben, der eine Zunge bewegt, welche die Einlaufsöffnung in rationeller Weise ändert. Diese Turbinen (partiell beaufschlagte Löffelräder) besorgen stets die feine Regulierung der Tourenzahl in Kupplung mit den andern Turbinen.

Digitized by Google

Elektrische Schaltung. Früher 1, jetzt 2 Speiseleitungen mit maximal 5% Verlust, à je 3 einzeln ausschaltbare Kabel, nach zwei Verteilungs-Centren in der Stadt (ca. $2^1/_2$ und $3^1/_2$ km. Distanz); von dort einzeln ausschaltbare Kabel mit maximal 1% Verlust nach jeder der Transformatorenstationen. Spannungs-Kontrolle einerseits durch primäre Rückleitung von genannten Verteilungs-Centren und anderseits mittelst Kompensators; Wirkung dieser Spannung auf Relais zur automatischen Spannungs-Regulierung für die ganze Centrale gemeinsam, durch Widerstände im Nebenschluss des Erregers. Handregulierung gleichzeitig möglich. (Eine Nebenspeiseleitung mit automatischer Regulierung mit Drosselspule). Parallelschaltung aller Generatoren ohne Phasen-Indikator, weil mechanische Kupplung (siehe oben).

Im Bau begriffene Erweiterung mit einer Dampfdynamo à 600 HP. (Dampfmaschine von Escher Wyss & Cie., Dynamo von der Maschinenfabrik Oerlikon).

Annexanlage für Kraftübertragung seit 1895, an Stelle vorher bestandener Seiltransmission, **Gleichstrom** 500 Volt, 2 Dynamos (Maschinenfabrik Oerlikon) à 200 HP. bei 400 Touren p. M., gleichzeitig bestimmt für demnächst erfolgende Stromabgabe für **Trambahnbetrieb** Zürich-Wiedikon. Betrieb von den Niederdruckturbinen aus.

Leitungsnetz: Primärleitungen 2 fach koncentrische Kabel von 25—60 mm² mit doppeltem Bleimantel, nicht armiert, in Sand, in frostbeständige, 2 teilige Schutzkanäle aus hartgebranntem Ton verlegt (Original-Modell); keine primären Abzweigmuffen oder Schaltkästen: alle Abzweigungen von den 2 Verteilungsstationen ausgehend.

Sekundärleitungen für Dreileiter-System mit 2×100 Volt; 3 einfache Kabel von 25—250 mm² Querschnitt, mit doppeltem Bleimantel ohne Armierung, je zusammen in Schutzkanäle verlegt wie oben. Kreuzungs- und Abzweigungskasten mit Schächten; Endverschluss der Kabel durch Ausguss der Kästen mit Kabel-Isoliermasse; zugängliche Sicherungen. Hausanschluss-Kästen mit Sicherungen, aber ohne Schächte (eingegraben). Die Netze der einzelnen Transformatorenstationen sind getrennt, können aber für Notfälle zusammengeschlossen werden bei einzelnen Kabelkästen in Schächten.

Transformatorenstationen relativ weit distanziert (bis ca. 1000 m), in Plakatsäulen aus Eisen, ventiliert. 2 Typen: für 4×20 und 6×20 KoWatt. Einzeltransformatoren von 20 KoWatt, in jeder Station primär und sekundär durch Sicherungen parallel geschaltet. Keine Transformatoren in Häusern.

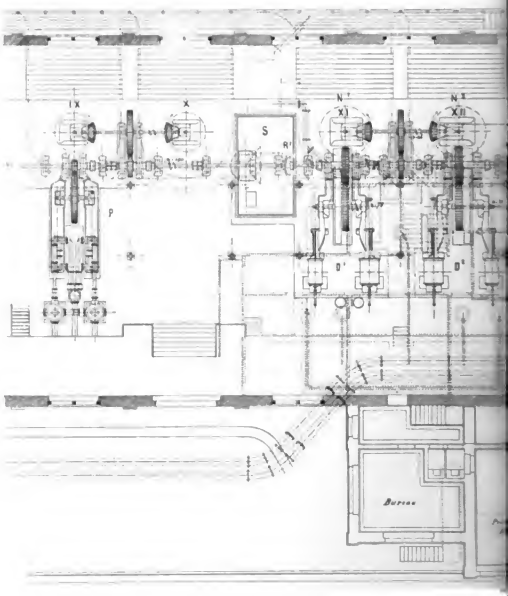
Oeffentliche Bogenlampen (z. B. am Seequai) in Serien zu 8 auf 200 Volt geschaltet mit besondern Kabeln. Diese Lampen führen 18 Amp. und haben 7 m Brennpunkthöhe im Allgemeinen.

NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1893, Bd. XXI. Seiten 3, 9, 18 und 24.

Digitized by Google

Elektricitätsw

1. Grundriss des Masch



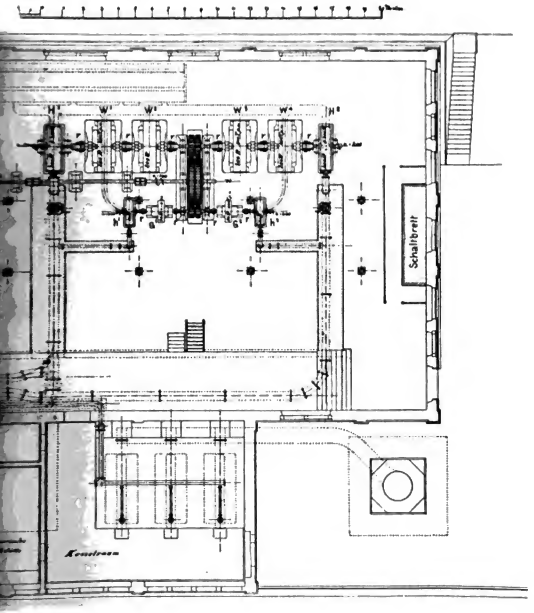
IX, X, XI, XII = Niederdruckturbinen. N^1, N^2 = Niederdruckturbinen. n^1 = durchgehende Hauptwelle. R^1, R^2 = Riegelkuppelungen derselben. S = Turbinenregulator. D^1, D^2 = Reserve-Dampfmaschinen. W^1, W^2, W^3, W^4 = Wechselstrom-Generatoren. *rrrrrrrrrr* = im Betrieb ein- und auskehrbare Riegelkupplungen.

NB. Die im Bau begriffene Verlängerung flussabwä

Digitized by Google

Stadt Zürich.

s im Letten (vor 1895).

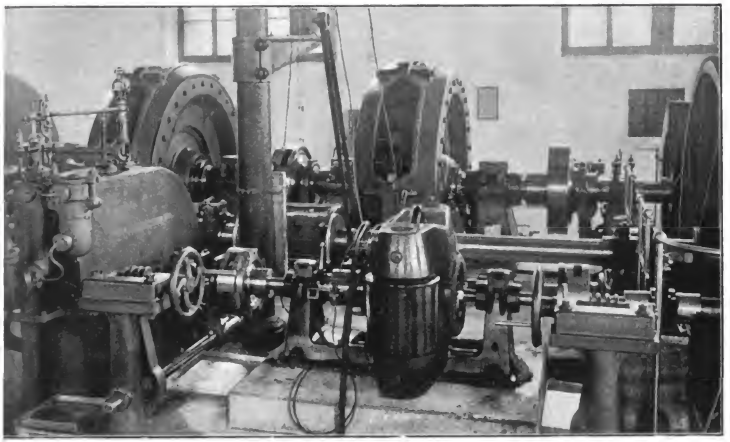


l für das Elektricitätswerk. P = Nächste Pumpe der Wasserversorgung.
rahtseil-Krafttransmission (jetzt entfernt; Gleichstromübertragungs-Dynamo's an dessen Stelle).
= Hochdruckturbinen dazu. G^1, G^2 = Erreger. A^1, A^2 = Hochdruckturbinen dazu.

ung des Schaltbretts ist hier noch nicht aufgezeichnet.

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Zürich.



2. Ansicht der oberen Hälfte der Maschinengruppe.

3. Ansicht des Zahnrad-Antriebs.

(NB. Untere Hälfte der Maschinengruppe hier noch nicht montiert!)

Digitized by Google

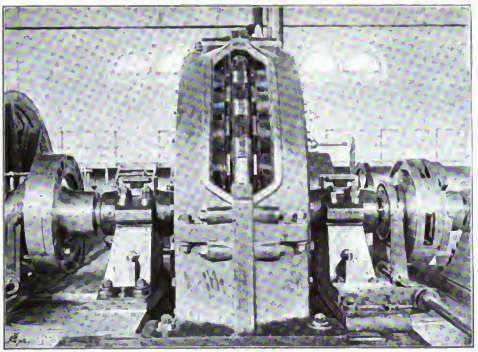


Fig. 4.
Ansicht eines Wechselstromgenerators mit beidseitigen Riegelkupplungen.

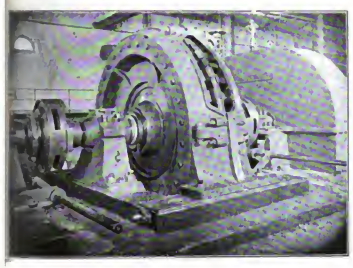


Fig. 5.
Ansicht eines Generators mit Hochdruckturbine.

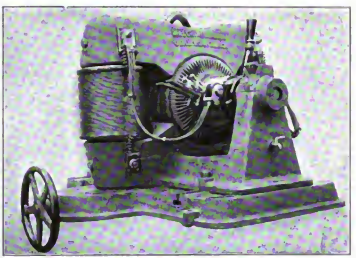


Fig. 6.
Typus der Erreger.

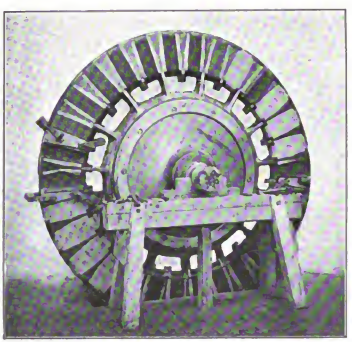
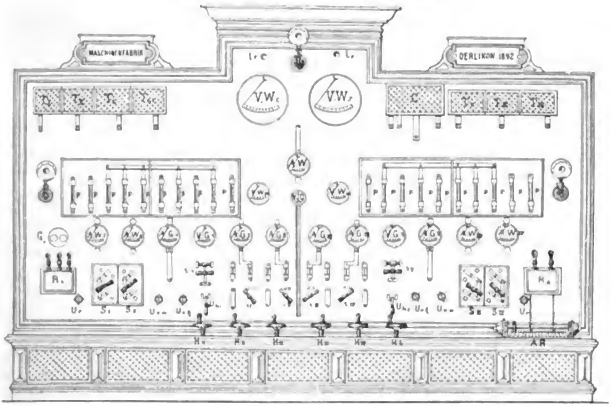


Fig. 7
Anker eines Wechselstromgenerators in Arbeit.

Digitized by Google

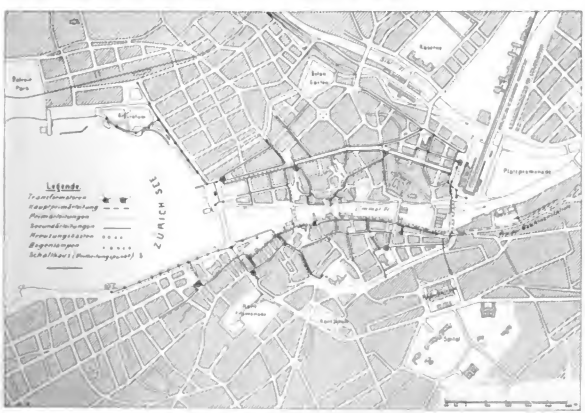


8. Ansicht des bisherigen Schaltbretts.

Legende:

mmr = Maschinenschalter-Wechselstrom.
mrr = Erregerstrom-Schalter.
= Erregermaschinen-Schalter.
A = *AG* = Ampèremeter für Wechsel- und Erregerstrom.
= umschaltbare Maschinenvoltmeter;
= Voltmeter der } Compensator.
= Netzspannung durch } Rückleitung.
Rmrr = Regulatoren der Erregung jedes Generators.
= Regulatoren für Nebenschluss der Erreger.

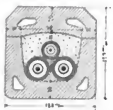
AR = Automatischer Nebenschluss-Regulator.
R_a u. R_s = Relais für Automaten und Signal.
U_{rg} u. U_{rw} = Voltmeter-Umschalter für Gleich- und Wechselstrom.
U_h = Umschalter für Hand- oder automatische Regulierung.
p = Primär-Sicherungen der Maschinen und Leitungskabel.
Tmmmr = Reduktions-Transformer der Maschinenspannung.
T_s = D° der Sammelschienen.
T_{se} = D° des Compensators.
C = Compensator.



9. Plan des Leitungsnetzes im ersten Ausbau.

Digitized by Google

Elektricitätswerk der Stadt Zürich.



10. Querschnitt durch die Kabel nebst Schutzkanal für das sekundäre Kabelnetz.

11. Ansicht eines Kreuzungskastens des sekundären Kabelnetzes, geschlossen.

12. Ansicht eines Kreuzungskastens des sekundären Kabelnetzes, zum Teil demontiert.

13. Transformatorensäule (für 120 *kw*).

14. Bogenlampen-Kandelaber.

Digitized by Google

Elektrische Strassenbahn Zürich

Aktiengesellschaft.

(Am 1. Juli 1896 an die Stadtgemeinde übergegangen).

Erbaut 1893/94. — In Betrieb seit März 1894.

Erbauer:

Geleiseanlagen: **Th. Bertschinger, Lenzburg.**
Elektrische Ausrüstung des Rollmaterials und Kontaktleitung:
Maschinenfabrik Oerlikon.
Wagen: **Schweiz. Industriegesellschaft Neuhausen.**
Kraftstation und Remise; Hochbau: Architekt: **Keller, Zürich;**
Baumeister: **Müller-Wegmann, Zürich V.**
Kesselanlage: A.-G. der Maschinenfabriken von **Escher Wyss und Co. Zürich.**
Dampfmaschinen und elektr. Teil: **Maschinenfabrik Oerlikon.**
Accumulatoren: **Accumulatorenfabrik Oerlikon.**

Betriebskraft:

Dampfmaschinen.

Elektr. System: *Gleichstrom 500 Volt*, oberirdische Stromzuführung durch Trolley.
Linie mit einer Schleife von Zürich I (Bellevueplatz) bis Zürich V (Hirslanden, Burgwies).

Leistung und Ausdehnung:

Kraftstation: 2 Dampfkessel, zusammen 120 m², Typ Galloway.
2 Dampfmaschinen von zusammen 180 HP.
2 Dynamos von zusammen 133 KW.
Accumulatorenbatterie 550 Volt × 245 Ampèrestunden.
Rollmaterial: 12 Motorwagen à je 12 + 14 Plätze und 1 Motor.
Linie: Länge 4.600 km.
Maximalsteigung 64 %; mittlere 11 %.
Minimalradius 15 m.
Spurweite 1.000 m.
Schienen: Phönix 7a von 77 kg Gewicht pro m kompletes Geleise.
Kontaktdraht 7 mm Diameter.

Digitized by Google

Elektrische Strassenbahn Zürich.

Kraftstation in der „Burgwies" (Hirslanden, Zürich V) am äussersten Ende der Linie. Remise, Reparaturwerkstätte und Bureaux sind angebaut.

2 vertikale Dampfmaschinen von je 90 P. S., Compound, 240 Touren p. M., mit Riemen direkt 2 Oerlikon-Dynamos von je 66 KW. und 450 Touren p. M. bei 550 Volt antreibend. Eines dieser beiden Aggregate dient bei normalem Betrieb nur als Reserve.

Accumulatorenbatterie von 300 Elementen Tudor Nr. 110 von 245 Ampère-Stunden-Kapazität. Die Batterie arbeitet beständig in Parallelschaltung mit der Dynamo, um trotz der sehr grossen Schwankungen des Bedarfs, welche die relativ geringe Wagenzahl verursacht, günstige gleichmässige Belastung der Dampfmaschinen zu ermöglichen und Ersparnis an Kohlen zu erzielen.

Kleine Zusatzdynamo zur separaten Aufladung der Schaltzellen.

Automatischer Zellenschalter.

Kontaktleitung in 4, von der Centralen aus einzeln mit oberirdischen Speiseleitungen von 60 mm² gespeisten, isolierten Sektionen.

Rückleitung einerseitsdurch die Schienen, deren Stösse durch eingenietete Kupferbügelverbunden, und anderseits durch einen von Zeit zu Zeit mit den Schienen verbundenen blanken 7 mm Kupferdraht im Boden.

Aufhängung des Kontaktdrahts an Holz- und Eisenrohr-Masten oder Spanndrähten, mit 3facher Isolierung, 5.5 m über Boden. Trolley mit Bronzerolle und hölzerner Rute.

Wagen mit je 1 Motor von 15 KW. normal; dieser 4polig mit 4 Magnetspulen, mit einfacher Zahnradübersetzung auf Laufradachse wirkend und an letzterer drehbar gelagert, sowie federnd am Gestell aufgehängt. Unter 90° gestellte Kohlebürsten an den Motoren.

Regulierung der Wagengeschwindigkeit durch Vorschaltwiderstand. Dieser besteht aus Eisenblech mit Glimmerzwischenlage und ist unter den Wagen angebracht. Umsteuerung des Ankerstroms. Schaltapparat auf jeder Plattform, jedoch nur ein Schalthebel transportabel.

Magnetische Funkenlöschung am Schaltapparat.

Mechanische Handbremse, z. T. elektrische Bremse (Umsteuerung des Motors als Generator auf den Vorschaltwiderstand) und Gegenschaltung des Stroms sind die vorhandenen Bremsapparate.

Digitized by Google

Ausrüstung mit Sandstreuer, Blitzplatten, Schmelzsicherungen, elektr. Beleuchtung.

Gewicht von Motor und elektr. Ausrüstung 1.5 t, des ganzen Wagens leer 4.1 t, mit Passagieren 6 t.

Betrieb mit ca. 11 km mittlerer Geschwindigkeit per Stunde *inklusive* alle Halte, bei 11 ‰ mittlerer und 64 ‰ maximaler Steigung (grösste Steigungen: „Rämistrasse" und „Klosbachstrasse, Römerhof", an letzterer Stelle mit Kurve), auf eingeleisiger Anlage mit 8 Ausweichstellen. Sechsminutiger, zeitweise zwölfminutiger Betrieb. Auf den äussern Strecken geringer Steigung wird mit bis 15 km per Stunde gefahren.

NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1894, Bd. XXIII, Seiten 69, 88 und 95.

Digitized by Google

Elektrische Strassenbahn Zürich.

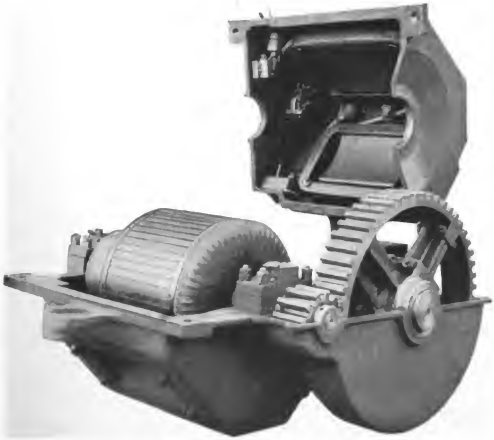
1. Inneres der Wagenremise (Burgwies).

2. Ansicht der Linie auf dem Bellevue-Platz.

Digitized by Google

Elektrische Strassenbahn Zürich.

3. Wagen auf der Linie.



4. Elektromotor, geöffnet.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn

Aktiengesellschaft.

Erbaut 1894/95. — In Betrieb seit Frühjahr 1895.

Erbauer:

Geleiscanalgen: **Th. Bertschinger, Lenzburg.**
Elektr. Ausrüstung des Rollmaterails und Kontaktleitung: **Maschinenfabrik Oerlikon.**
Wagen: **Schweizer. Industriegesellschaft Neuhausen.**
Kraftstation, Hochbau: Architekt: **J. R. Roth, Zürich V.;**
Baumeister: **Fr. Schudel, Zürich V., Jak. Burkhart, Zürich IV.**
Dawsongas- und Gasmotoren-Anlage: **Stirnemann & Weissenbach, Zürich.**
Elektrischer Teil: **Maschinenfabrik Oerlikon.**
Accumulatoren: **Accumulatorenfabrik Oerlikon.**

Betriebskraft:

Dawson-Gas.

Elektr. System: *Gleichstrom 500 Volt,* oberirdische Stromzuführung durch Trolley.
Linie von Kirche Fluntern (Zürich V), nach Platte, Verzweigung nach Oberstrass (Zürich IV) und Pfauenplatz (Zürich I), und von dort bis Bellevueplatz gemeinsam mit der „Elektrischen Strassenbahn Zürich".

Leistung und Ausdehnung:

Kraftstation: *Gas-Generator-Anlage* für 300 HP (1 Generator davon Reserve).
3 Gasmotoren für zusammen 240 HP.
3 Dynamos für zusammen 140 KW.
Accumulatorenbatterie 550 Volt × 178 Ampèrestunden.
Rollmaterial: 9 Motorwagen à je 12 + 14 Plätze und 2 Motoren.
6 „ à je 12 + 24 „ und 2 Motoren.
Linie: Länge 3.6 km.
Maximalsteigung 70 ‰; mittlere 46.5 ‰.
Minimalradius 12 m.
Spurweite 1 m.
Schienen: Hoerde 7b von 77 kg Gewicht pro m kompletes Geleise.
Kontaktdraht 7 mm Diameter.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn.

Kraftstation, oberhalb der Kirche Fluntern, Zürich V, am obersten Ende der Linie, samt Remise, Reparaturwerkstätte und Bureau.

Bemerkenswert ist die Generatorgas- und Motorenanlage, welche eine relativ sehr billige Betriebskraft ergeben. 2 Generatoren, jeder für 150 P. S. genügend, liefern mit 1 Dampfkessel das Dawsonsche Gasgemisch in einen Gasometer, der die nötige Produktion z. T. automatisch reguliert. 2 Crossley-Motoren zu je 60 P. S. (Viertakt) und 1 ebensolcher zu 120 P. S. mit 2 Cylindern, arbeiten mit Riemen auf 3 Dynamos für zusammen 140 KW. (550 Volt), (4polig, compoundiert). Eine Accumulatorenbatterie System Tudor von 300 Elementen zu 178 Ampèrestunden Kapazität arbeitet beständig in Parallelschaltung mit den Dynamos und giebt, mit automatischem Zellenschalter versehen, den über das Mittel hinausgehenden Bedarf (das Maximum ist mehr als das 3fache des Mittels). Die Motoren arbeiten so stets nahezu mit konstanter Belastung.

Die 90 Schaltzellen werden durch eine kleine Zusatzdynamo separat aufgeladen.

Die **Kontaktleitung** ist in 2 isolierte Sektionen geteilt, von denen die eine nur direkt durch den Kontaktdraht, die andere (nach Oberstrass) durch einen Luftfeeder von 120 mm² Kupferquerschnitt gespeist wird. Aufhängung des Kontaktdrahts an Holz- und Eisenrohr-Masten, sowie Spanndrähten, dreifach isoliert, 6.0 m über Boden. Trolley mit Bronzerolle und hölzerner Rute.

Rückleitung einerseits durch die Schienen, deren Stösse mit vernieteten Kupferbügeln versehen, anderseits durch blanken Draht im Boden, von 7, bezw. 10 mm Durchmesser.

Wagen mit je 2 Motoren, jeder von 10 P. S. normal bei den kleinen, und von 14 P. S. bei den grössern Wagen. Einfache Zahnradübersetzung auf die Laufradachse. Aufhängung der Motoren an Laufradachse drehbar einerseits und am Gestell federnd anderseits. Die Motoren sind ganz in Stahlguss geschlossen, 4polig mit 4 Magnetspulen.

Regulierung der Wagengeschwindigkeit durch Vorschaltwiderstand aus Eisenblech in Glimmer.

Bremsung mechanisch von Hand und elektrisch durch Umsteuerung des Motors als Generator auf den Vorschalt- und einen Zusatzwiderstand; eventuell auch Gegenstrom möglich. Die Widerstände aus Eisenblech und Glimmer (paketiert) unter den Wagen.

Schaltapparate auf jeder Plattform mit mechanischer Funkenlöschung.

Sandstreuer, Blitzplatten, Schmelzsicherungen, elektr. Beleuchtung.

Digitized by Google

Gewicht von Motoren und elektr. Ausrüstung 2.4 t, Wagen leer total 5.4 t, besetzt 7.4 t — 8.1 t, (kleine bezw. grosse Wagen).

Linie und Betrieb sind sehr sehenswert, da die Bahn zum grössten Teil eigentlich *Bergbahn* (vom See nach der Höhe des Zürichbergs) ist. Grösste Rampen z. B. an der Gloriastrasse mit 70‰ Steigung; daselbst eine Spitzkehre zur Ueberwindung scharfer Kurve der Strasse in Steigung. Das Tracé eingeleisig, mit Ausweichstellen. Mittlere Geschwindigkeit 9.2 km per Stunde *inklusive* alle Halte; effektive Geschwindigkeit auf der Horizontalen bis 15 km, auf der stärksten Steigung (70‰) bis 10 km per Stunde. Abstieg mit gleicher Geschwindigkeit mit elektrischer Bremsung. 6minutiger, zeit- und streckenweise 12minutiger Betrieb. Längere Versuche im Betrieb ergaben für die Kraftstation 0.655 kg Anthracitverbrauch per effektive von den Gasmotoren abgegebene Pferdekraftstunde.

NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1896, Bd. XXVII, Seiten 1 und 10.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

1. Ansicht der Kraftstation mit Remise.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

2. Ansicht der Gasmotoren.

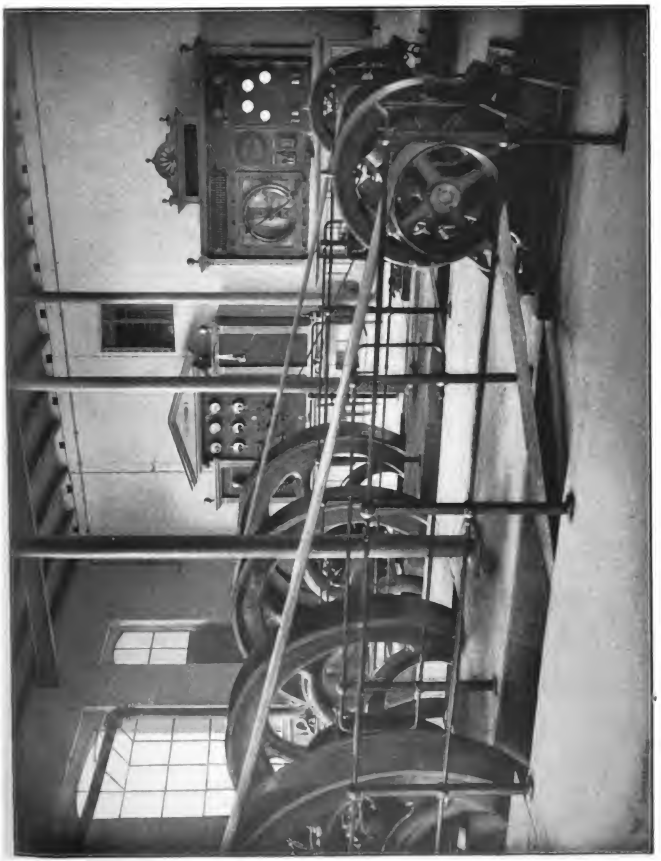
Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

3. Ansicht der Dynamos und der Schaltwände.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.



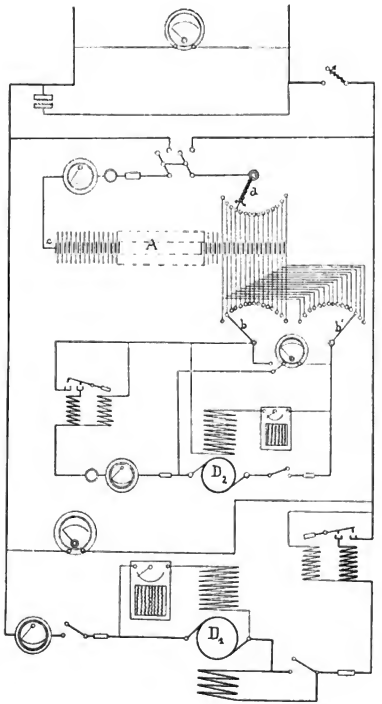
3. Ansicht der Dynamos und der Schaltwände.

Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

Legende:

D_1 = Betriebs-Dynamo.
D_2 = Zusatz-Dynamo.
A = Accumulatoren.
a = Automatischer Entlade-Zellenschalter.
bb' = Ladeschalter für die Regulierzellen.



4. Schaltungsschema.

Digitized by Google

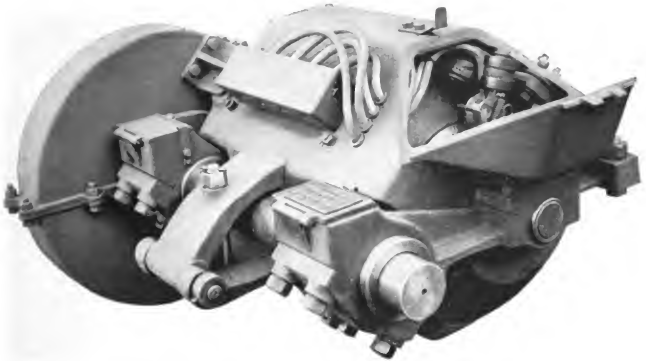
Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

5. Ansicht eines Wagens.

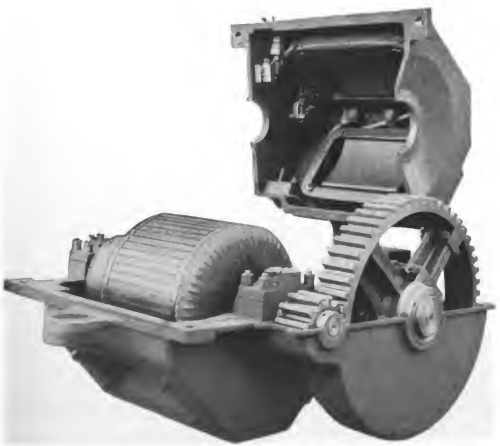
Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

Elektromotor, geschlossen (Bürstenklappe geöffnet).



7. Elektromotor, geöffnet.



Digitized by Google

Zentrale Zürichbergbahn, Zürich.

8. Ansicht eines Teils der Linie mit Spitzkehre (Gloriastrasse).

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

(Aktiengesellschaft.)

Erbaut 1892—1894. — Eröffnet (April) Juli 1894.

Erbauer:

Wasserwerksanlage: **Locher & Cie., Zürich.**
Turbinenanlage: Akt.-Ges. der Maschinenfabriken von **Escher Wyss & Cie., Zürich.**
Elektrischer Teil: **Maschinenfabrik Oerlikon.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der Reuss.

Elektrisches System: *Dreiphasenstrom,* verkettet 5000 Volt Spannung, in den Generatoren direkt erzeugt. Wenige grosse Transformatorenstationen. Alle Leitungen oberirdisch. Alle Motoren Niederspannung.

Wirkungskreis: Kraftversorgung für Maschinenfabrik Escher Wyss und Mühle Maggi in Zürich, sowie *Elektricitätswerk Wohlen.*

Leistung und Ausdehnung:

Wasserkraft 1300 HP. effektiv normal, 800 HP. minimal.
Turbinen für $4 \times 325 = 1300$ HP.
Generatoren für $4 \times 325 = 1300$ HP.
Primärleitungen: 20 Km. + 7 Km. einfache Länge und ca. 140 Km. Drahtlänge.
Anschluss: ca. 98 Motoren von zusammen 1410 HP.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

Wasserwerke. Das Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten (Aargau) entnimmt seine Kraft einer etwa ein Kilometer oberhalb Bremgarten, zwischen dem Kloster Hermetschwyl und der Oele, liegenden Wasserkraftanlage. Hier macht die Reuss eine Biegung von nahezu 180 Grad, in welcher sich zahlreiche Stromschnellen befinden, so dass der Fluss in dieser rund 1300 Meter langen Strecke das relativ grosse mittlere Gefälle von 3,85 % oder total etwa 5 Meter hat, welches durch die Anlage eines *Stauwehres*, quer über die Reuss unterhalb Hermetschwyl, auf 5,65 Meter erhöht wurde.

Ein als *Stollen* ausgeführter, 350 Meter langer *Zulaufkanal*, welcher die Windung der Reuss in gerader Linie abschneidet, führt das Wasser direkt zu dem Turbinenhaus.

Die Wasserwerkanlage ist für eine Maximalwassermenge von 25 m³ per Sekunde ausgeführt. In trockenen Jahren sinkt während der Wintermonate die Wassermenge der Reuss zuweilen unter dieses Quantum und zwar ganz ausnahmsweise bis auf 15 m³ per Sekunde. Das Bruttogefälle zwischen Einlauf beim Wehr und Auslauf bei den Turbinen beträgt 5,65 Meter, der Gefällsverlust beim Durchfluss von 25 m³ Wasser per Sekunde durch die Fallen, Rechen und den Tunnel, beträgt 0,32 Meter, so dass das Nettogefälle demnach 5,33 Meter ist. Bei Hochwasser reduziert sich dasselbe auf etwa 5,15 Meter. Bei 25 m³ Wasser per Sekunde und 75 % Nutzeffekt der Turbinen beträgt die Kraft an den Turbinenwellen 1300 Pferde.

Das *Turbinenhaus* lehnt sich direkt an den etwas erweiterten und nach rechts biegenden Stollen an. Ueber dem Dynamosaale befindet sich noch ein Stockwerk, welches *Bureaux* und *Magazine*, sowie zwei *Wohnungen* für Turbinen- und Dynamowärter enthält.

Der *Ablaufkanal* ist nur etwa 30 Meter lang und wird rechtsseitig durch das Turbinenhaus mit darauf folgender Ufermauer, linksseitig durch ein breites Wehr gebildet.

Turbinenanlage. Die Anlage umfasst 4 *Turbinen* zu 325 Pferd effektiv bei 115 Umdrehungen per Minute. Dieselben sind Reaktionsturbinen mit vertikalen Wellen und Oberwasserzapfen. Auf gemeinschaftlicher Welle sitzen zwei Turbinenräder von denen das untere von unten, das obere von oben beaufschlagt wird. Da beide Räder gleichen Durchmesser haben, wird der Wasserdruck auf die Schaufeln gegenseitig aufgehoben. Die Nabe des untern Rades ist als volle Scheibe gebaut und bildet so einen hydraulischen Entlastungsapparat, durch welchen ein Teil des Gewichtes der rotierenden Teile getragen wird. Beide Räder sind zweikränzig, die obere Turbine ist im inneren Kranze des Leitrades mit einer Reguliervorrichtung versehen, die untere ist ohne Regulierung. Der Kessel, die Zuleitung zur unteren Turbine, sowie der gemeinschaftliche Saugschacht sind aus Beton hergestellt. Ausser den vier grossen

Digitized by Google

Turbinen sind noch zwei kleinere Turbinen zum Antriebe der Erregermaschinen aufgestellt. Die Turbinen besitzen automatische Regulierung.

Elektrische Anlage. Auf die vertikalen Wellen der 4 Hauptturbinen sind 4 Drehstrom-*Generatoren* von je 270 Kilovoltampère-Leistung (entsprechend 325 HP. Aufnahmekapazität bei $\cos \varphi = 0{,}85$) aufgesetzt. Die in denselben erzeugte Spannung beträgt 2900 Volt per Schenkel oder 5000 Volt verkettet. Die Armaturen sind feststehend, in denselben rotiert ein aus 52 Polen bestehendes Magnetrad aus Stahlguss, mit laminierten Polen, welches die Erregerwicklung trägt. Da die Polzahl 52, die Umdrehungszahl 115 in der Minute beträgt, so macht der Strom 50 komplete Phasen in der Sekunde. Der Polzahl von 52 entsprechend, befinden sich auf der feststehenden Armatur 78 Spulen, in denen der hochgespannte Drehstrom erzeugt wird. Die Anordnung der Spulen ist so getroffen, dass dieselben fertig gewickelt mittelst geeigneter Vorrichtungen aufgesetzt werden können und somit jede einzelne derselben in kürzester Frist ersetzt werden kann. Die Generatoren haben ein Gewicht von 20000 kg. und einen äusseren Durchmesser von 3600 m/m.; das rotierende Magnetrad besitzt einen Durchmesser von 2984 m.m. und hat mit der Welle zusammen ein Gewicht von etwa 12000 kg.

Zur *Erregung* dieser Generatoren dienen zwei vierpolige Gleichstrom-Dynamo mit Trommelarmatur von je 11 Kilowatt Leistung, die ebenfalls direkt auf die vertikalen Wellen der entsprechenden Turbinen aufgesetzt sind, eine dieser Maschinen genügt für die Erregung der vier Drehstrom-Generatoren und kann zudem noch die Beleuchtung des Maschinenhauses speisen; für gewöhnlich jedoch erregt eine Dynamo je zwei Drehstrom-Generatoren.

Zur Aufnahme der für Regulierung, Kontrolle etc. nötigen Apparate dient eine einfache übersichtlich angeordnete *Schaltwand* von etwa 5 Meter Länge. Auf dem mittleren Feld sind die für die Erregermaschinen erforderlichen Instrumente montiert, während die beiden äusseren Felder für die Instrumente der Drehstrom-Maschinen dienen und zwar ein Feld für je zwei Generatoren. Die Parallelschaltung der Maschinen geschieht ohne Belastungswiderstände mit Hilfe der Magnetstromwiderstände und der Phasenlampen.

Vom Turbinenhaus aus gehen zwei getrennte *Leitungsstränge*, wovon der eine nach Zürich, der andere nach Wohlen führt. Die Leitung nach Zürich hat eine Länge von 20 km. und besteht aus zwei Leitungen von je 3 Drähten von 7,7 m.m. Durchmesser. Befestigt sind diese Drähte an Doppelglockenisolatoren, welch letztere auf imprägnierten Holzstangen von 12 Meter Länge und 18—20 cm. Kopfende, deren jede mit einem Blitzableiter versehen ist, getragen werden. Die Totalzahl der Stangen ist 450. Die Entfernung der einzelnen Stangen von einander beträgt im Mittel 45 Meter. Bei Kreuzungen mit Strassen sind jeweilen links und rechts der letzteren Stangen aufgestellt und diese durch Schutznetze mit einander verbunden. Oberhalb Dietikon kreuzt die Leitung die Bahnlinie Zürich-Baden. Mit Rücksicht auf das von der nahen Limmat herrührende Grundwasser musste von einer Unterführung abgesehen und eine Ueberführung hergestellt werden. Diese besteht aus zwei Gittertürmen, welche oben durch einen Gitterträger miteinander verbunden sind. Im Hohlraum dieses Trägers, der auf Wunsch der Bahngesellschaft mit einer Holzverschalung ausgeschlagen ist, sind die Leitungen isoliert auf gleichen Isolatoren wie die Freileitung montiert. Die

Digitized by Google

Höhe vom Bahnkörper bis Unterkant Brücke beträgt 9,2 Meter, die Entfernung der beiden Pfeiler von einander 16,3 Meter.

Betrieb. Die Anlage dient in der Hauptsache zur Kraftabgabe. Es sind bis jetzt drei Hauptabonnenten angeschlossen und zwar die Fabrikanlage der *Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie. im Hard Zürich* mit etwa 500 Pferden, die Mühle der Herren *Maggi & Cie.* mit etwa 350 Pferden und die *Centrale der Gemeinde Wohlen mit* etwa 80 Pferden.

Die Maschinenfabrik der Aktiengesellschaft von Escher Wyss & Cie. ist nach den neuesten Erfahrungen gebaut und eingerichtet, sie besteht aus einer Anzahl von einander ganz getrennt angelegter Werkstätten, in denen die Frage des Antriebes der Transmissionen und einzelner Arbeitsmaschinen, durch die elektrische Uebertragung und Verteilung mittelst Drehstrom durchgeführt, in vorteilhafter Weise gelöst wurde. Im Maschinenhaus sind Transformatoren, die den von dem Werke Zufikon gelieferten Strom hoher Spannung in Strom von 200 Volt Spannung verwandeln, aufgestellt. An die Sammelschienen der internen Verteilung können von Dampfmaschinen aus angetriebene Reservegeneratoren, die ebenfalls Strom von 200 Volt Spannung liefern, angeschlossen werden. Aufgestellt sind im ganzen 90 Motoren mit einer Gesamtkapazität von über 1000 Pferden.

Die Anlage von Maggi & Cie., der grössten Getreidemühle der Schweiz, umfasst 7 Motoren mit einer Gesamtkapazität von 350 Pferden, die in kontinuierlichem Betriebe stehen. Eine Transformatorenstation besorgt die Umformung des hochgespannten Stroms in solchen von 120 Volt Spannung.

Ein weiterer Abonnent ist die *Elektricitätsgesellschaft Wohlen*, welche die bezogene elektrische Energie zum Betrieb eines *Elektricitätswerkes* für Kraft- und Lichtabgabe, im 7 km. entfernten Wohlen, verwendet. Der für die Kraftabgabe (Kleinmotoren) bestimmte Strom wird durch einen Transformator auf 200 Volt Spannung gebracht, während der für Lichtzwecke bestimmte Strom in Gleichstrom umgewandelt wird. Durch die Konzession ist das Elektricitätswerk Zufikon verpflichtet, einen bestimmten Teil der Kraft im Kanton Aargau zu einem Vorzugspreise abzugeben. Von dieser Bestimmung hat die Elektrizitätsgesellschaft Wohlen Gebrauch gemacht. Um nun die während 24 Stunden verfügbare Kraft möglichst rationell auszunützen, entschloss sich die Wohlener Gesellschaft zur Aufstellung von Gleichstrommaschinen in Verbindung mit Accumulatoren. Für die Beleuchtung ist ein auf beiden Seiten je mit einer Gleichstrommaschine gekuppelter synchroner Drehstrommotor von 60 Pferden aufgestellt, der direkt mit der hohen Spannung gespeist wird und 500 Umdrehungen in der Minute macht. Die Gleichstrommaschinen arbeiten auf ein Dreileiternetz und dienen zur Ladung zweier Accumulatorenbatterien von je 71 Elementen mit einer Kapazität von 500 Ampèrestunden.

Im Baue begriffen ist die Verlängerung der Hochspannungsleitung nach *Oerlikon-Seebach* (4 Kilometer), welche Gemeinden ähnliche Anlagen wie Wohlen von einer Kapacität von 200 bezw. 50 Pferden ausführen.

NB. Siehe ausführliche Beschreibung: Schweiz. Bauzeitung 1895, Bd. XXVI, Seiten 67, 72, 78.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

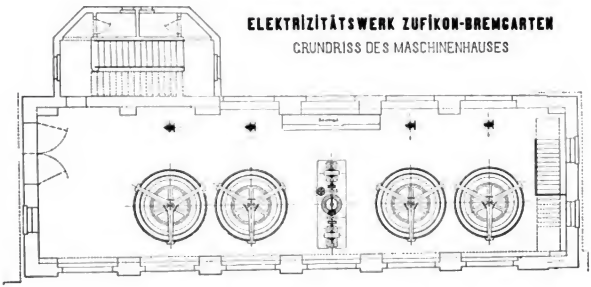
1. Ansicht des Einlaufs.

2. Ansicht des Turbinenhauses mit Umgebung.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

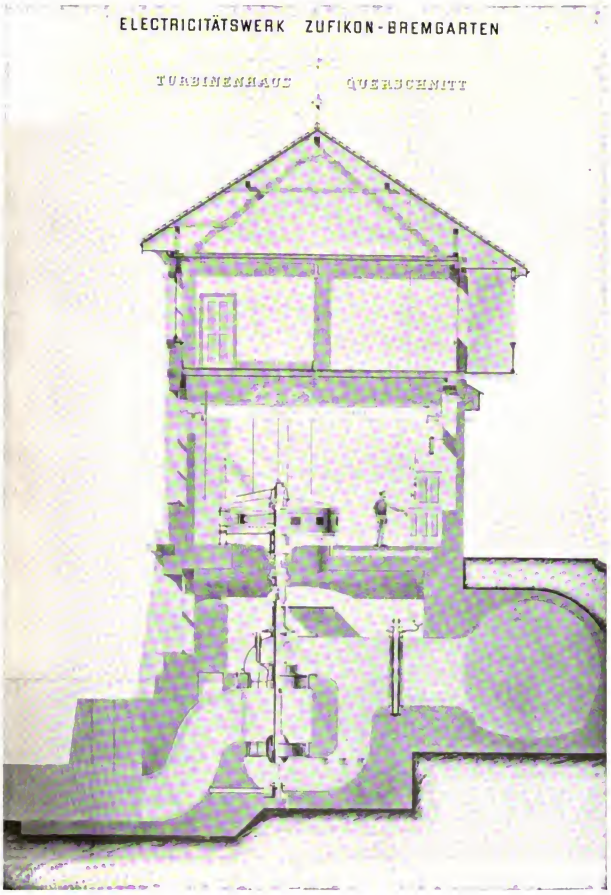
3. Ansicht des Maschinenhauses.



4. Grundriss des Maschinenhauses.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.



5. Querschnitt des Maschinenhauses.

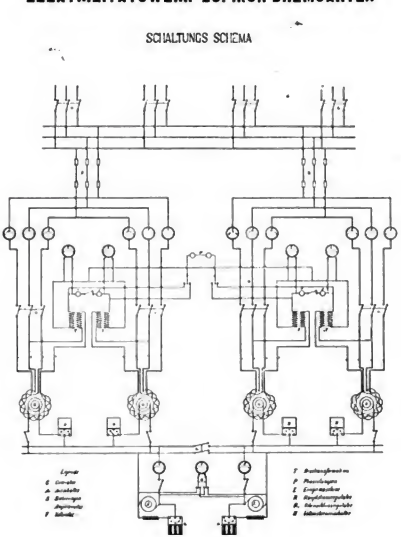
Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

6. Ansicht des Maschinensaales.

Digitized by Google

7. Ansicht des Schaltbrettes.

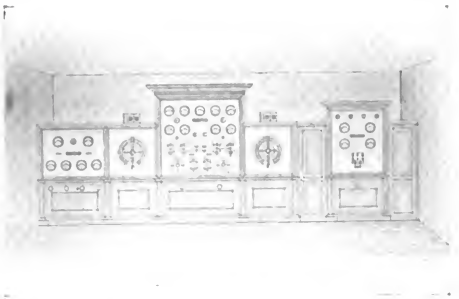


8. Schaltungs-Schema.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

9. Bahnüberführung der Hochspannungsleitung.



10. Ansicht des Schaltbretts in Wohlen.

Digitized by Google

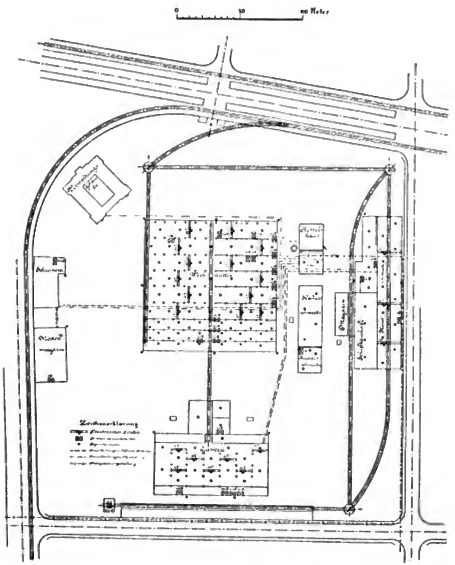
Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

11. Ansicht des Etablissements der Maschinen-Fabriken von Escher Wyss & Cie.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

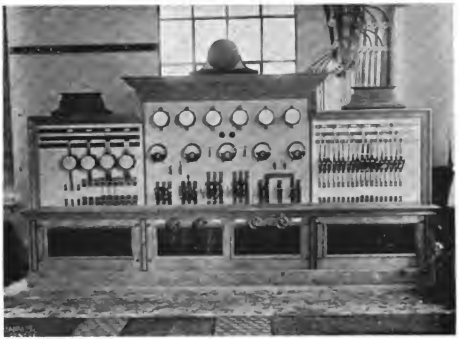
Licht- und Kraftverteilung in der Maschinen-Fabrik von Escher Wyss & Comp. Zürich.



12. Plan der Stromverteilung im Etablissement Escher Wyss & Cie.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

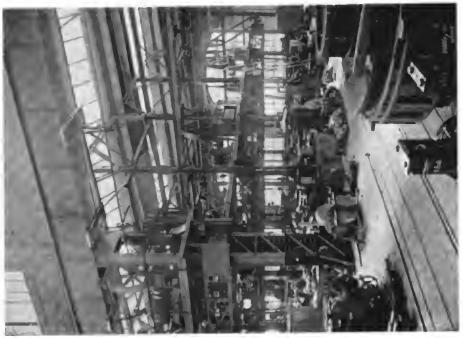


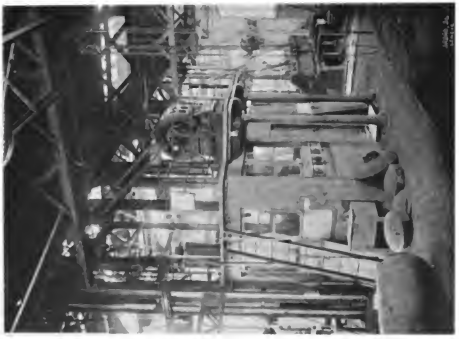
13. Ansicht des Schaltbrettes bei Escher Wyss & Cie.

14. Elektrischer Laufkrahn bei Escher Wyss & Cie.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.

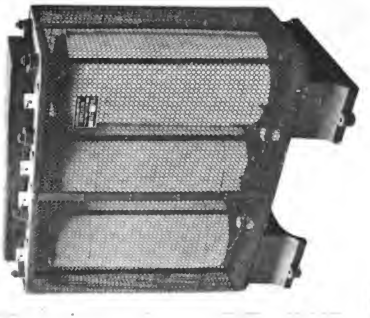




15. und 16. Elektrische Antriebe von Transmissionen bei Escher Wyss & Cie.

Digitized by Google

Elektricitätswerk Zufikon-Bremgarten.



18. Drehstrom-Transformator.

17. Elektrischer Transmissionenbetrieb.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

Aktiengesellschaft in Wädensweil.

Erbaut 1893—1895. — In Betrieb gesetzt 11. November 1895.

Erbauer:

Allgem. Bauleitung: *Wasserbauten*: Ingenieur **S. Grosjean.**
Elektrischer und allgemeiner Teil: Ingenieur **W. Wyssling.**
Wasser- und Tunnel-Bauten: **Fischer & Schmutziger, Zürich.**
Eiserne Rohrleitung: Aktiengesellschaft **Kesselschmiede Richtersweil.**
Turbinenhaus (Wasser- und Hochbau): **J. Walser & Cie., Winterthur.**
Turbinen und Zubehörden: Akt.-Ges. d. M.-F. **Escher Wyss & Cie., Zürich.**
Elektrischer Teil der Maschinenstation, Transformatoren und Elektrometeren: **Brown Boveri & Cie., Baden.**
Elektrische Leitungen: **Elektricitätswerk an der Sihl**; *Montage* in Akkord durch **E. König,** Leitungsbauer, **Zürich V., J. Zellweger, Uster,** u. **G. Gossweiler, Bendlikon.**
Hausinstallationen für Beleuchtung: **Elektricitätswerk an der Sihl** in Regie; **Stirnemann & Weissenbach, Zürich, J. Zellweger, Uster.**

Betriebskraft:

Wasserkraft der «Sihl».

Elektrisches System: Zweiphasenstrom mit 4 Leitern für Kraft und Einphasenstrom für Licht, pro Phase mit 5000 Volt (an den Generatoren direkt erzeugt); jeder Generator ein- oder zweiphasig verwendbar.
Relativ wenige, zumeist grosse Transformatorenstationen in besondern Pavillons. Im Sekundären Zweiphasenstrom mit 3 Leitern und 240 Volt pro Phase für Kraft, Dreileiter mit 2 × 120 Volt für Licht. — Alle Leitungen oberirdisch.

Wirkungskreis: Kraft- und Lichtversorgung der Industriecentren am linken Ufer des Zürichsees: Richtersweil, Wädensweil, Au, Horgen, Oberrieden und Thalweil, sowie der Bergdörfer Samstagern, Hütten, Schönenberg, Menzingen.

Leistung und Ausdehnung:

Wasserkraft: Normal ca. 1600 HP, minimal mit Weiherbenützung ca. 1200 HP.
Kanal- und Rohrleitung für ca. 1600 HP.
Turbinenhaus für 5 Turbinen à 400 HP (1 als Reserve).

	Bei Eröffnung:	*April 1896:*	*1896 in Bau:*
Turbinen:	3 à 400 HP	3 à 400 HP	1 à 400 HP.
Generatoren:	3 à 400 HP	3 à 400 HP	1 à 400 HP.
Transformatoren:	ca. 600 KW.	820 KW.	180 KW.
Primärleitungen, Strecken einfach gemessen		36 km	ca. 6 km
Drahtlänge total		240 km	ca. 16 km
Kupfergewicht		ca. 50 000 kg	ca. 2000 kg
Sekundärleitungen, Strecken einfach gemessen		ca. 38 km	ca. 10 km
Drahtlänge total		ca. 140 km	ca. 30 km
Kupfergewicht		ca. 35 000 kg	ca. 5000 kg
Bedienungsgebiet der Sekundärleitungen		ca. 22 km²	
Anschluss: Kerzenzahl der Lampen		52 700	ca. 4000
Motoren für Fabrikskraft		22	1
Motoren für Tageskraft		10	9
Totalstärke der Motoren für Fabrikskraft		603 HP	3
„ „ „ „ Tageskraft		28 HP	42

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

A. Wasserkraftanlage. Die Sihl, ein Bergwasser, das auf seinem Laufe nirgends durch einen See reguliert wird, weist in ihrem obern Lauf mehrere Stellen mit sehr starkem Gefälle auf. Eine solche benützt unser Werk zwischen der Brücke bei *Hütten* und der „*Waldhalde*“ Schönenberg: Bruttogefälle ca. 77 m auf ca. 4,5 km Flusslauf und ca 3 km Luftlinie.

Ein festes *Stauwehr* aus Betonmauerwerk, 37 m lang, rechtwinklig über die Sihl, mit Fischleiter, leitet das Wasser den

Einlaufvorrichtungen zu. Grober Rechen, Kiesfallen und Abschlussfallen gestatten durch verschiedene Stellungskombinationen die Regulierung des Wasserzuflusses ohne Verkiesung oder Verschlammung des Kanals bei jedem Wasserstand. Vorbassin mit Reinigungsfalle zum Ausspülen; zweites Fallensystem mit feinerem Rechen vor dem

Stollen, welcher den Zuleitungs-Kanal bildet. Der Stollen, ganz durch Moräne getrieben und mit Cementsteinen ausgemauert und verfugt, hat gewölbten Querschnitt von 2,4 m², *2200 m Länge* und kann ca. 3 m³ Wasser per Sekunde führen. Gefälle 1 ‰. Er steht etwas unter Druck (Siphon) und mündet in einen

Weiher von 250000 m³ Inhalt, der durch Errichtung einer Thalsperre am „Tiefenbach“ (Schönenberg) aus einer natürlichen Thalmulde erhalten wurde.

Staudamm aus gestampftem, auserlesenem Erdmaterial, auf der Wasserseite mit Kalkmilchdichtung. Höhe 15 m, Mächtigkeit (horizontale Dicke) an der Basis 63,5 m, Länge oben 107 m. Gemauerter Ueberlauf. Vom Weiher führt eine, oben durch Drosselklappe abschliessbare

Blechrohrleitung von 1,5 m lichtem Durchmesser als Siphon auf die Höhe ob dem Turbinenhaus; ein Luftkamin auf dem höchsten Punkt dient zum Ausgleich hydraulischer Stösse in der Rohrleitung, welche von da mit 33 % Gefälle, auf Beton montiert, auf das Maschinenhaus mündet. Totale Länge der Rohrleitung 795 m.

Leerlauf für bis 4 m³ per Sekunde.

Das **Maschinenhaus** enthält in 5 Etagen übereinander den Ablaufkanal, 5 Turbinenkammern, den Dynamo-Maschinensaal, 2 Wohnungen und Estrich. Es ist in den untern Stockwerken betoniert und auf die Grundmoräne fundiert, enthält auch kleine Reparaturwerkstätte, Keller und Zubehörden. Ausgedehnter Uferschutz mit Steinpflästerungen.

Ein **Unterwasserkanal**, aus Beton gewölbt, 110 m lang, dient zur vollen Ausnützung des Gefälles bei Niederwasser und Schutz vor Hochwasser.

Turbinen. Da der Unterwasserstand bei gewöhnlichem Hochwasser 2,5 m, bei aussergewöhnlichem sogar 6 m höher liegt als bei Niederwasser, sind Saugröhren angewendet. Grenz-Turbinen mit künstlich regulierter Luftzufuhr; vertikale Wellen, Leitrad über Laufrad, aber radiale partielle Beaufschlagung.

Jede Turbine normal 400 PS effektiv bei 360 Touren per Minute.

Regulierung der Turbinen, exakt und rasch wirkend, automatisch. Tachometrische Auslösung einer Druckwassersteuerung, wodurch ein Kolben mit Zahnstange bewegt und durch einen Ringschieber Leitradzellen geöffnet oder geschlossen werden.

Hydraulische Entlastung; Drosselklappe vor jeder Turbine.

Digitized by Google

Die **Wassermenge** der Sihl ist im Sommer meist über 4 m^3, im gewöhnlichen Minimum ca. 2 m^3 per Sekunde, in aussergewöhnlich trockenen Wintern beobachtetes äusserstes Minimum 1.5 m^3 per Sekunde; Hochwasser ergaben schon über 300 m^3 p. Sek.

Es wird im Winter mit 1800 Liter per Sekunde oder 1200 HP effektiv betrieben, in aussergewöhnlichen Fällen unter Ergänzung aus dem Weiher.

B. Elektrische Anlagen. **Generatoren.** Es sind bis jetzt 4 Zweiphasen-Wechselstrom-Maschinen aufgestellt, mit rotierendem, direkt auf Turbinenwelle gekuppeltem Magnetrad mit 14 Polen. Anker feststehend, von Erde isoliert, Bewicklung in Löchern, welche mit starken Röhren aus Mica und Papier gefüttert sind. Bemerkenswert hohe Umfangsgeschwindigkeit (über *38 m* per Sekunde) des Magnetrads und daherige spezielle Konstruktion zur Sicherung gegen die Fliehkraft (Magnetpol-Bewicklung aus Flachkupfer mit Papierisolation). Gewicht des rotierenden Teils ca. 4500 kg, des feststehenden ca. 8000 kg. Bei 360 Touren per Minute kann jeder Generator 400 PS in *einer* Phasen-Bewicklung aufnehmen, bei 5000—5500 Volt Spannung und unwesentlicher Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung; so wird die Maschine als 400pferdige *ein*phasige für Lichtstrom gebraucht. Für Kraftstrom funktioniert sie *zwei*phasig und erträgt dann leicht grosse Phasenverschiebungen. Sie ist hier auch für verkettete Schaltung probiert, jedoch zunächst nicht angewendet.

Erreger mit vertikaler Welle, für jeden Generator ein besonderer, von diesem aus mit Riemen angetrieben, an der Wand montiert.

Schaltvorrichtungen. Die Leitungen führen von den Maschinen zum Schaltbrett in dem Raum zwischen dem Betonboden und einem isolierenden Holzboden.

2 Lichtstromsammelschienen und 4 Kraftstromsammelschienen, hinter je 5 Maschinenfeldern links bezw. rechts am Schaltbrett; jede Phase jeder Maschine ist links oder rechts, d. h. auf Licht oder auf Kraft, schaltbar. Am Abend wird der Betrieb getrennt: 1—3 Maschinen parallel zweiphasig auf Kraft, 1 einphasig auf Licht. Bei geringem Lichtbedarf, z. B. am Tag, wird das Kraftsammelschienenpaar durch einen Maschinenschalter auf eine Phase des Kraftbetriebs geschaltet. Die mittlern 4 Felder des Schaltbretts enthalten die Schalter für die 2 getrennten Linien je für Kraft und Licht, nebst statischen und dynamischen Voltmetern (letztere mit Reduktionstransformator) und Ampèremetern für alle Abteilungen. Parallelschaltung mittels Phasenlampen, ohne Widerstände, in einzelnen Phasen.

Regulierung elektrisch nur von Hand, im Nebenschluss jeden Erregers durch Widerstände am Schaltbrett, für alle Zweige gemeinsam nach Lichtspannung. Bei diesem Schaltbrett wurden (das *erste* Mal in der Schweiz) sämtliche Hochspannungsleitungen und Apparate durchgehend auf Porzellanisolatoren montiert, welche auf einem Eisengestell befestigt sind. Alle Leitungen fest gespannt und hinter dem Schaltbrett übersichtlich in verschiedenen Ebenen angeordnet; die Marmorwand dient nur zur Verkleidung nach vorne und Aufnahme der separat angeordneten Niederspannungs- und Erreger-Apparate. Hinter dem Schaltbrett grosser freier Raum, an dessen Rückwand Hochspannungssicherungen und Blitzplatten der abgehenden Leitungen angeordnet sind.

Beleuchtung des Maschinenhauses von einem Transformator aus mit Glühlicht.

Leitungen. (Ausschliesslich Luftleitungen). Primärleitung aus 2 im Maschinenhaus getrennten Zweigen: Erster nach Horgen (auf 12 km Distanz), Thalweil (auf 18 km), zweiter nach Wädensweil (ca. 7 km) Richtersweil (9 km). Jeder Zweig

Digitized by Google

hat sechs Leitungen: 4 für Zweiphasen-Kraftstrom, 2 für Einphasen-Lichtstrom. Kleine Abzweigungen mit Einphasenstrom gehen nach Bocken, Hütten, Samstagern, Au. (Siehe Plan).

Drahtstärken bis zu 6 $^1/_2$ mm; Befestigung auf Dreifach-Glocken von 18 cm Höhe (grösste bisher in der Schweiz verwendete) an verzinkten Einzelträgern. Imprägnierte Stangen 11 bis 16 m Höhe (Leitungen durch äusserst obstbaumreiche Gegend), jede mit eiserner Schutzkappe und kl. Blitzableiter mit Erdleitung versehen. Distanz ca. 37 m durchschnittlich. Bahnkreuzungen oberirdisch mit Gittertürmen und starken Schutznetzen. Vor den Dörfern Hochspannungsschalter am Gestänge, z. T. besondere Türmchen.

Transformatorenstationen. Zumeist zu 100 bezw. 150 Ko W, viereckige eiserne Häuschen mit turmartigem Aufsatz zur Ausfuhr der Primärleitungen; Sekundärleitungen unter tiefer gelegenem kleinem Dach ausgeführt; alle Leitungen auch durch die Türmchen hinunter als Luftleitungen auf Isolatoren, primär und sekundär räumlich ganz getrennt geführt. Hochspannungsschaltapparate (Sicherungen, Blitzschutz) für Licht und Kraft getrennt, unter je einer Seitenthüre des Häuschens, ganz abgeschlossen und ausschliesslich auf Glockenisolatoren montiert. Sekundärapparate unter einer dritten auf Marmorplatte.

Transformatoren für Licht und Kraft gleicher Konstruktion, meist zu 25 und 15 Ko W. Kleinere Stationen einfacherer Art, z. T. in Gebäuden.

Sekundärleitungen. Für Kraftstrom zweiphasig mit 3 Leitern, 240 Volt pro Phase; für Lichtstrom einphasig Dreileitersystem mit 2 × 120 Volt an den Lampen. Sekundärleitungen der verschiedenen Transformatoren je für ein Dorf unter sich überall verbunden (alle Stationen in Parallelschaltung).

Die Sekundärluftnetze haben z. T. sehr grosse Ausdehnung (siehe Titelseite), bei geringer Zahl von Transformerstationen (um das Eindringen der Hochspannungsleitungen in die z. T. städtisch gebauten Dörfer möglichst zu vermeiden); z. B. in Thalweil ca. 2,6 km Länge und 1 km Breite des Sekundärnetzgebiets mit 3 Transformatorenstationen.

Elektromotoren. Ausser 2 Hochspannungsmotoren von je 65 PS (mit 5000 Volt) sind alle an Niederspannung angeschlossen; zumeist grosse (65, 45 und 30pferdige) und zweiphasige Motoren. Solche, die (zu sehr reduzierter Taxe) nur zur Zeit der Tageshelle arbeiten dürfen, sind (bis zu 9 PS) einphasig und an die dadurch bei Tage ausgenützten Lichttransformatoren angeschlossen.

Die Motoren dienen neben rohen und schwierigen Betrieben (Holzbearbeitung, Cementmühle, Luftkompressoren) auch den feinsten, wie Seidenweberei, Wollspinnerei etc. Auch für landwirtschaftliche Zwecke sind transportable Motoren verwendet.

Die **Beleuchtungsnetze** dienen ausser der Strassenbeleuchtung in 5 grossen, z. T. städtisch gebauten und 3 kleinern Dörfern der Privatbeleuchtung, insbesondere in Wohnungen, Wirtschaften und gewerblichen Anlagen.

NB. Eine ausführliche Beschreibung dieser Anlage mit zahlreichen Zeichnungen wird demnächst in der Schweiz. Bauzeitung, Zürich erscheinen.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

Situation der ganzen Anlage.

Digitized by Google

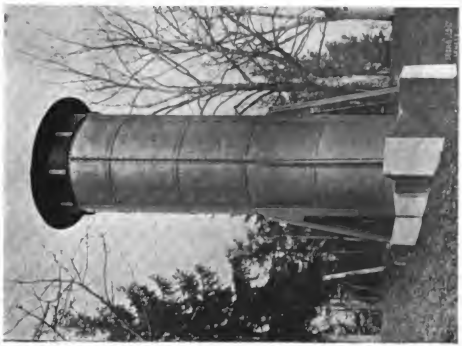
Elektrizitätswerk an der Sihl.

2. Ansicht von Wehr und Einlauf.

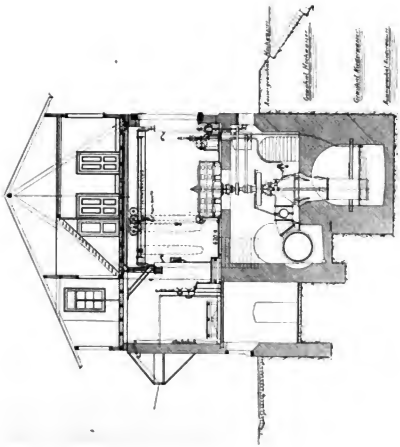
3. Ansicht von Damm und Weiher.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.



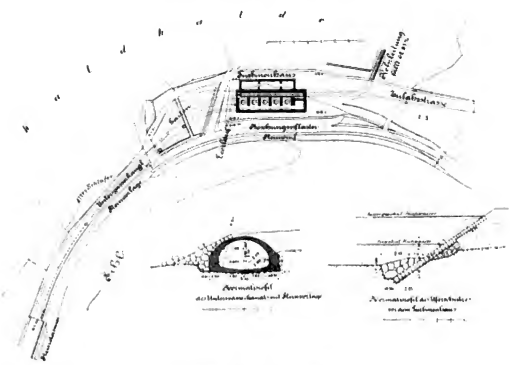
4. Ansicht des Luftschachts der Rohrleitung (Waldhalde).



5. Querschnitt des Turbinenhauses.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.



Situationsplan des Turbinenhauses.

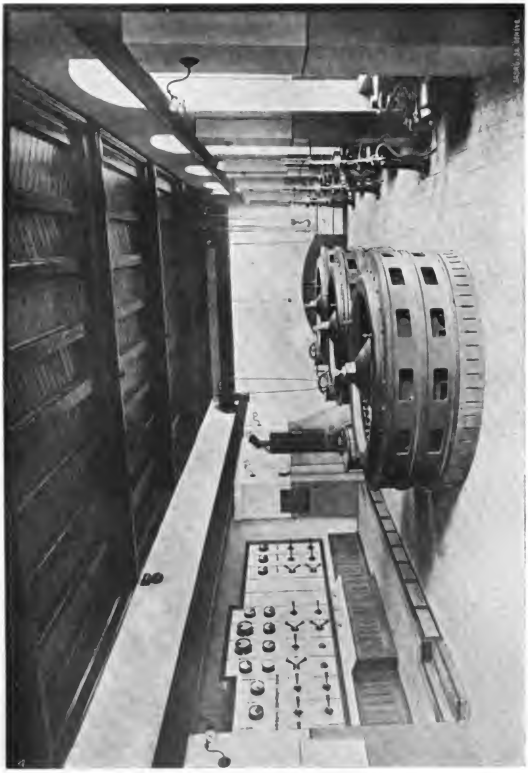
Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

7. Ansicht des Maschinenhauses. (Auf der Höhe der Luftschacht der Rohrleitung.)

Digitized by Google

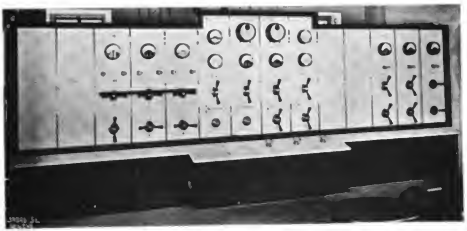
Elektricitätswerk an der Sihl.



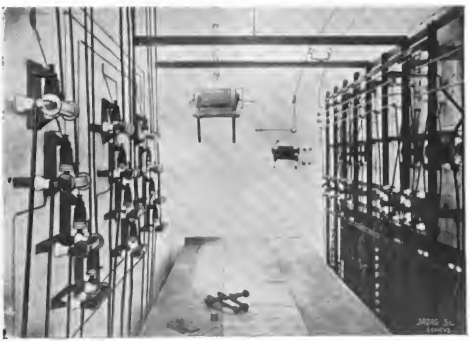
8. Ansicht des Maschinensaals.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.



9. Ansicht des Schaltbretts.



10. Raum hinter dem Schaltbrett.

Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

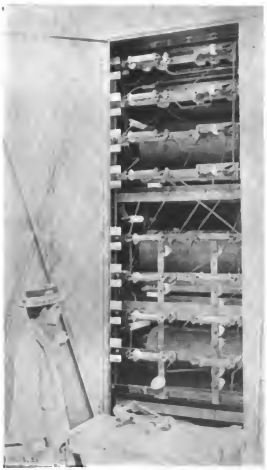
Mit Bewilligung des eidgenössischen topographischen Bureau reproduziert.

11. Primärleitungsnetz 1 : 100000.
(Die Linie - - - - bedeutet die Wasser-Zuleitung).

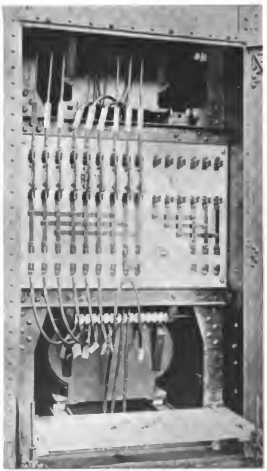
Digitized by Google

Elektricitätswerk an der Sihl.

12. Grosse Transformatoren-Station in Verbindung mit Bahnkreuzung der Hochspannungsleitung.



13. Primäre Schalttafel einer Transformatoren-Station.



14. Sekundäre Schalttafel einer Transformatoren-Station.

Digitized by Google

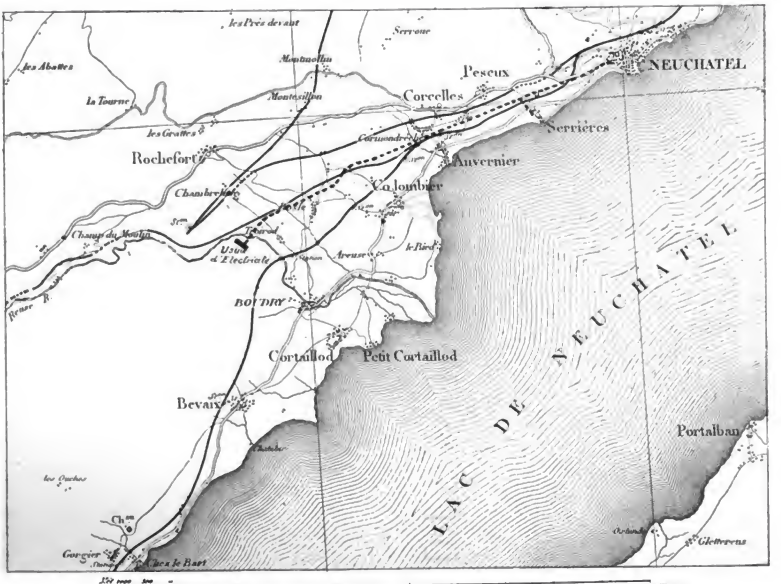
STATION CENTRALE

D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

DE

NEUCHATEL

Digitized by Google



Tracé de la ligne à courants triphasés et monophasés, de l'usine des Clées à Neuchatel.

STATION CENTRALE

D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

DE

NEUCHATEL

Le canton de Neuchatel offre peu de chutes hydrauliques. Une seule rivière de quelque importance le traverse, la Reuse, dont le débit à l'étiage moyen est d'environ 1500 litres à la seconde. Cette rivière prend sa source au fond du val de Travers, à Saint-Sulpice, fait une chute de quelques mètres pour atteindre une plaine étroite remplissant le fond de la vallée qui fut jadis un lac, puis de la sortie de la plaine jusqu'au lac tombe de 290 mètres.

Depuis peu d'années cette chute est entièrement concédée; mais en petits tronçons qui en amoindrissent beaucoup la valeur totale. Les communes du val de Travers ont le premier tronçon, avec une chute de 17 mètres; puis la commune de Chaux-de-Fonds un second, avec 52 1/2 mètres, qu'elle utilise pour élever de l'eau de source à 500 mètres d'un seul jet. Le troisième tronçon de 91 mètres de chute appartient à trois communes : celles de Chaux-de-Fonds et Locle qui entreprennent en ce moment une distribution d'électricité par courant continu en série à 14 000 volts, et celle de Neuchatel qui utilisera sa part pour une élévation d'eau de source par pompes centrifuges à 90 mètres. Le tronçon d'aval, de 56 mètres de chute utile, appartient à Neuchatel seul, et nous allons en décrire ici l'utilisation. Un dernier tronçon reste, mais il a peu d'importance, sa chute n'étant que de 14 mètres sur 2 kilomètres.

La Reuse a eu le sort de sa voisine l'Orbe, dont la belle chute totale de plus de 300 mètres a été si bien divisée que près de la moitié en est perdue.

Digitized by Google

La ville de Neuchatel avait mis au concours l'exécution d'une distribution de lumière et d'énergie en 1892, et si la réception provisoire des travaux n'a pu avoir lieu qu'en janvier 1896 cela tient aux lenteurs du concours lui-même, aux modifications du projet primé et aux formalités administratives.

La distribution de l'énergie pour force motrice est faite par du courant triphasé partant de l'usine à 3900 volts environ; celle de lumière, entièrement distincte, par du courant monophasé partant à 4050 volts environ.

Cette disposition, qui a eu l'approbation du jury du concours de 1892, a valu à la Société d'Electricité Alioth, à Münchenstein, le premier prix de ce concours et l'adjudication des travaux. Dans le cas particulier cette solution, sans s'imposer absolument, a cependant de notables avantages. La séparation des services d'énergie et d'éclairage, quoique toujours coûteuse, a certainement comme conséquence une régularité de la lumière plus assurée, certaines facilités d'exploitation, et moins de chances d'arrêt de toute l'installation. La forme de la ville, qui a en moyenne 500 mètres de largeur sur 3 1/2 kilomètres de longueur, rendait le courant alternatif nécessaire pour la lumière. Pour la distribution de la force motrice, en revanche, le courant continu avec moteurs en série aurait pu être une solution; et le courant triphasé ne présente pas d'avantages très marqués, pas plus, du reste, que d'inconvénient sérieux.

Fig. 1. — Gorges de la Reuse (effet de neige).

TRAVAUX HYDRAULIQUES

Le barrage en rivière est exécuté tout entier en granit. Il a surélevé le niveau de la rivière de 1 mètre environ. Sa cote est 530,80 mètres au-dessus de la mer (le lac de Neuchatel est à 432 mètres). Appuyé des

Digitized by Google

deux côtés sur des massifs importants de rocher, il a un aspect de solidité qui satisfait l'œil.

La prise d'eau est du système imaginé par M. Ossent pour l'usine hydraulique de Chaux-de-Fonds. Il est suivi d'un trop-plein, après quoi vient la grille et le tunnel, prévu pour 5 m³ d'eau à la seconde, et qui a 1600 mètres de longueur. La dimension du tunnel peut sembler exagérée, puisque le débit de la rivière descend en étiage extraordinaire à 1150 litres seulement; mais précisément alors le canal, dont la pente n'a que 1 millimètre par mètre, forme un réservoir dont la capacité peut intervenir utilement pour fournir l'énergie nécessaire pour le service de la lumière. Grâce à cet artifice une certaine accumulation se produit qui suffira sans doute pendant un grand nombre d'années. Il faut, en effet, pour la marche de l'usine en pleine charge (1200 HP) 2100 litres à la seconde; mais on sait combien peu dure la charge maxima avec un service d'éclairage, et par conséquent quelle faible accumulation d'eau peut suffire à la vaincre. Lorsque le canal ne suffira plus comme accumulateur, on pourra ou créer un barrage en rivière en *aval* de l'actuel, pour former un lac accumulateur, ou plus simplement continuer le canal en palier et lui donner un supplément de capacité limité au nécessaire. Avec 1500 chevaux d'utilisation maxima, il est probable que cette capacité supplémentaire ne sera pas supérieure à 10 000 m³.

Fig. 2. — Conduite d'amenée en tôle.

Le canal suit les gorges de la Reuse sans en gâter le pittoresque, puisqu'il est souterrain.

A la sortie du canal, un sas de distribution avec trop-plein, sert de départ à une double canalisation de 1,20 mètre de diamètre, dont chaque tuyau peut débiter en charge normale 1750 litres à la seconde (étiage de 1892) (fig. 2 et planche hors texte).

Digitized by Google

Cette double canalisation aboutit à une tuyauterie de distribution munie de quatre vannes et cinq tubulures pour cinq turbines (fig. 5 et 7).

Pour arriver à l'usine, on descend à la station de Boudry ; en 20 minutes on est à l'usine des Clées (fig. 3, 4 et 5 et planche hors texte).

USINE

L'usine (fig. 5) comprend au rez-de-chaussée une salle de 37,2 mètres de longueur, 9 mètres de largeur et 7.3 mètres de hauteur. Elle est disposée pour recevoir neuf turbines, mais aujourd'hui cinq seulement sont installées, de 300 chevaux chacune. L'une d'elle sert de réserve, et les lignes sont combinées pour transmettre 400 kilowatts sous forme d'énergie et autant pour l'éclairage

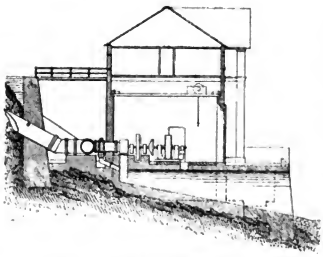


Fig. 3. — Coupe transversale de l'usine.

Les turbines sont à axe horizontal et tournent à 320 tours en moyenne. Elles ont été construites par la maison Piccard et Pictet, de Genève, et sont munies du régulateur à servo-moteur à déclic, système Piccard. L'injection est radiale et intérieure, et se fait sur deux quarts de cercle opposés, afin d'équilibrer le vannage noyé dans l'eau sous pression. Ce vannage est mû par le régulateur au moyen d'une tige qui traverse le tuyau d'entrée par un presse-étoupes, et attaque un bras de levier attelé à l'axe du vannage.

La turbine est en porte-à-faux ; le volant qui pèse 1500 kilos est placé entre les paliers à bagues excentrées.

Les alternateurs (fig. 8) sont attelés à la turbine au moyen d'un manchon à transmission élastique par plaques de caoutchouc comprimées. Rien ne distingue à l'extérieur les alternateurs triphasés des monophasés (fig. 9 et 10). Les parties induites sont exactement les mêmes, et l'accouplement des bobines seul diffère. La couronne de tôles

Digitized by Google

Fig. 4. — Usine des Clées. — Vue extérieure prise de la rive droite.

Digitized by Google

induite est entaillée de dix-huit rainures dans lesquelles se logent les bobines, ce qui limite au minimum l'arrachement magnétique. Chaque bobine se compose de 60 tours de fil de 3,5 $^{m/m}$, donnant une longueur de 87 m. Comme chacune développe $\frac{4000}{18}=222$ volts, la longueur de fil par volt est de $\frac{87}{222}=0^{m},40$, à la vitesse de 330 tours, ou 29,7 mètres

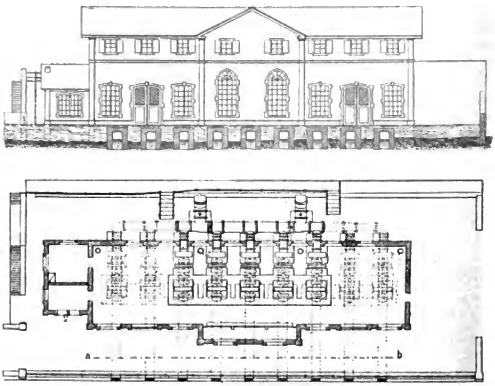


Fig. 5. — Elévation et plan de l'usine des Clées.

par seconde. Cette induction représente un magnétisme moyen de 8400 unités.

L'inducteur est du type à noyau unique et appendices croisés. Le nombre des pôles est 18 pour les dynamos monophasées et 12 pour les triphasées, donnant ainsi 50 alternances par seconde pour les premières et 33 pour les secondes. La bobine centrale a 526 tours de fil de 4,5 millimètres, et le courant pour la charge maxima varie d'une machine à l'autre entre 14 et 18 ampères à 65 volts environ. L'énergie dépensée

Digitized by Google

Fig. 6. — Usine d'Electricité de Neuchatel. — Vue extérieure.

Digitized by Google

dans l'inducteur est à peine 1/2 o/o de l'énergie fournie, à pleine charge; résultat fort remarquable, et qui ne peut s'expliquer que par la forme de l'inducteur, et sa composition en acier doux. Les projections polaires sont lamellées.

L'alternateur placé au centre de l'usine possède un inducteur de rechange qui permet de lui faire donner à volonté du courant monophasé ou triphasé. Le changement nécessaire se fait facilement à l'aide du pont roulant.

Fig. 7. — Tuyaux de distribution derrière l'usine et passerelle du premier étage.

Le tableau de réglage (voir figure 13) est monté sur marbre. Les deux panneaux du centre ont les appareils communs à toutes les machines, et chaque panneau à gauche et à droite a reçu les appareils communs à une seule machine. Le schéma montre qu'on a voulu obtenir les résultats suivants:

1° Les excitatrices envoient leur courant à la machine sur laquelle elles sont montées, et chaque courant se règle à part;

2° Les excitatrices marchent en parallèle, et le réglage se fait par les manettes centrales;

3° Les excitatrices sont échangées entre elles, celle du premier alternateur servant, par exemple, au second et vice-versa, ou une seule excitatrice sert à deux alternateurs, avec réglages séparés, etc., etc.

La rupture accidentelle d'un courant d'excitation met la bobine de l'inducteur en dérivation sur une forte résistance annulant l'effet de

Digitized by Google

l'extra-courant. Cela complique naturellement le schéma, puisque non seulement les courants qui circulent dans les bobines des inducteurs peuvent être réunis sur un rhéostat central, mais encore les courants des inducteurs des excitatrices. Les manœuvres sont cependant faciles, et peuvent toujours être simplifiées en ne se servant que de l'un des moyens de réglage à disposition.

Le tableau a les appareils de contrôle ordinaires. Signalons le fait que les interrupteurs à haute tension sont à double rupture d'étincelle, et manœuvrés depuis le bas du tableau par des tiges de manœuvre isolées. Le courant lumière traverse deux ampèremètres; l'un qui ne va

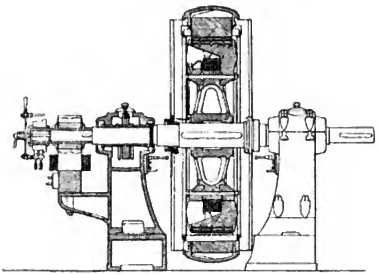


Fig. 8. — Alternateur. — Coupe longitudinale.

que jusqu'à 50 est muni d'un interrupteur de mise en court-circuit, et l'autre permet de lire jusqu'à 200. Cette disposition permet les lectures à faible charge, ce qui serait impossible sans cette disposition.

Les parafoudres sont placés derrière le tableau et sont à rupture d'étincelle. Ils peuvent éteindre un arc de 350 mm. Ils ont chacun une ligne de terre séparée, plongeant dans le cours de la rivière.

Tous les coupe-circuits sont sur le tableau, du bon côté. Pour le service du dos du tableau un plancher est disposé à 2 m. 50 de hauteur, et permet d'atteindre et surveiller les transformateurs de mesure. Deux larges fenêtres éclairent cette partie, trop négligée à cet égard dans beaucoup d'installations. La ligne part de la façade de l'Usine placée immédiatement derrière le tableau.

Digitized by Google

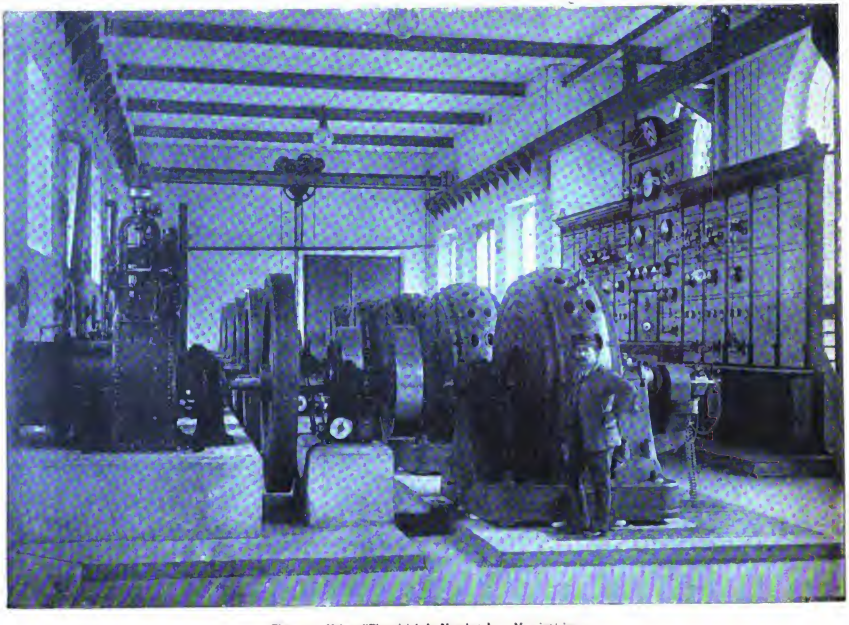


Fig. 9. — Usine d'Electricité de Neuchatel. — Vue intérieure.

Digitized by Google

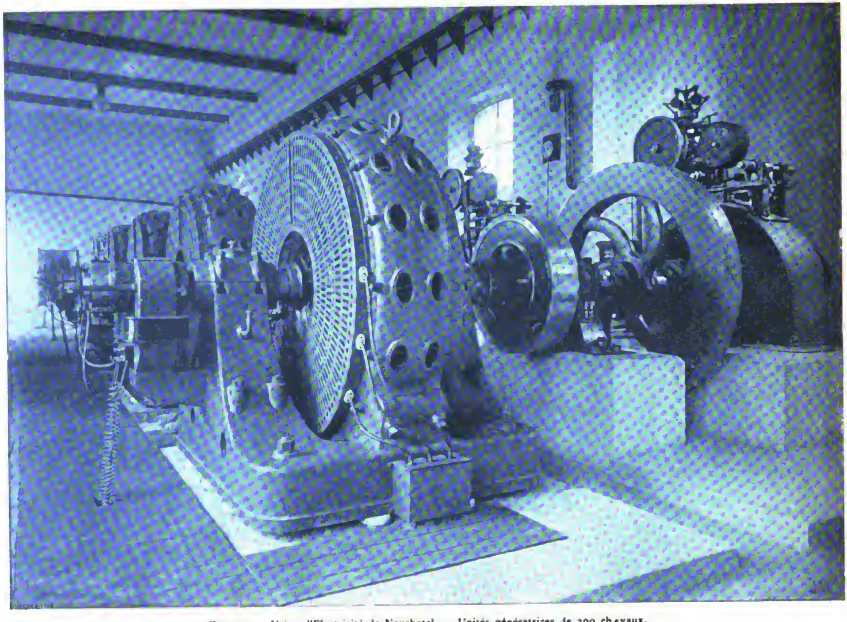


Fig. 10. — Usine d'Electricité de Neuchatel. — Unités génératrices de 300 chevaux.

Digitized by Google

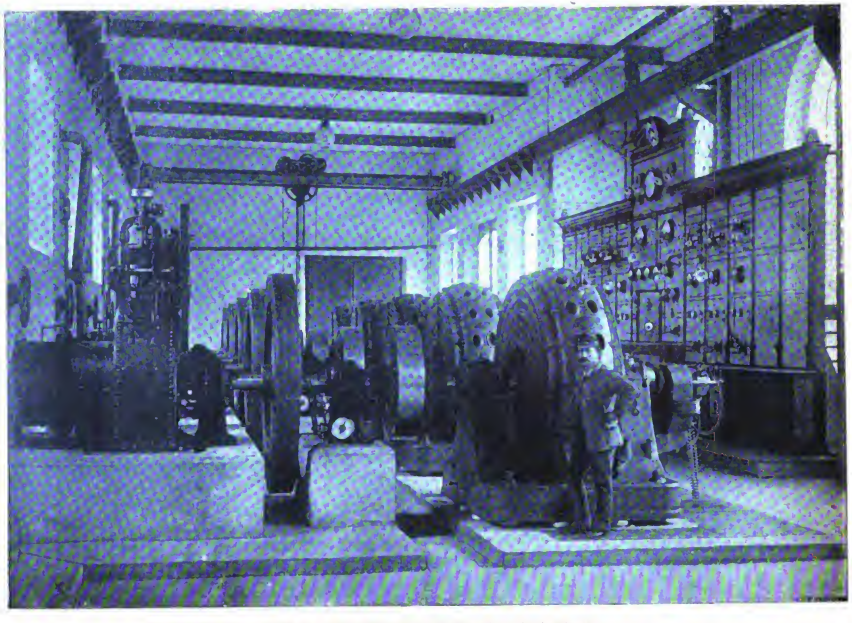


Fig. 9. — Usine d'Electricité de Neuchatel. — Vue intérieure.

Digitized by Google

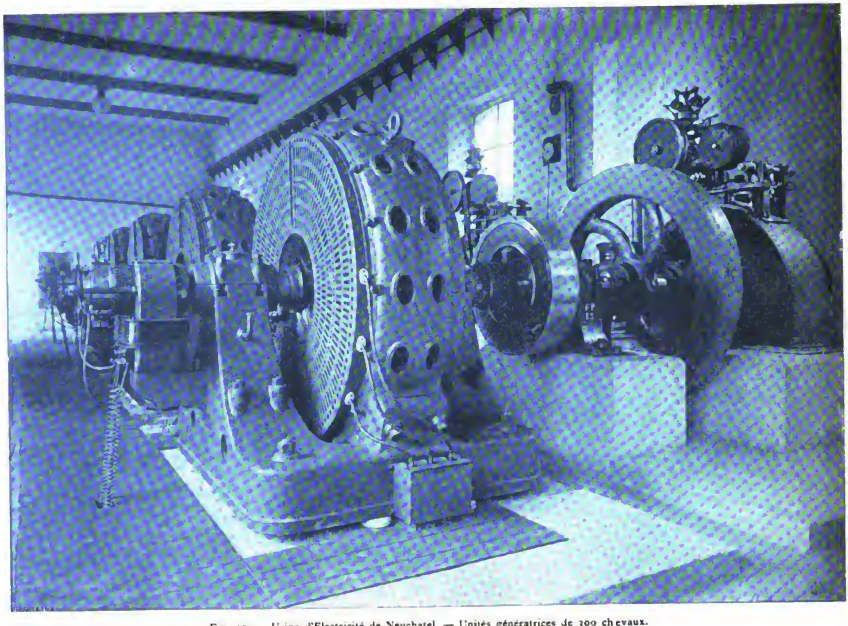


Fig. 10. — Usine d'Electricité de Neuchatel. — Unités génératrices de 300 chevaux.

Digitized by Google

Digitized by Google

Les dynamos sont isolées du sol par des blocs de porcelaine et par les blocs de caoutchouc du manchon de transmission. Tout autour sont disposés des tapis en caoutchouc.

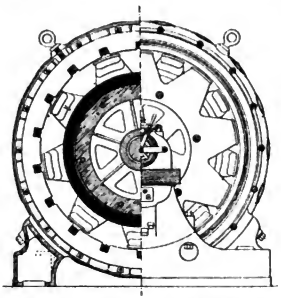


Fig. 11. — Alternateur. — Coupe transversale et vue en bout.

En temps ordinaire, cependant, ces tapis sont enlevés et chaque bâti relié à la terre. L'isolation des machines n'est utile en effet qu'en temps orageux, et a plutôt des inconvénients pour le service courant.

Au pied de chaque machine les conducteurs ont des interrupteurs à fiche. Cela permet aux ouvriers chargés du nettoyage une plus grande sécurité, puisque, outre l'interruption du circuit au tableau, ils peuvent encore faire cette interruption supplémentaire qui les gare de toute fausse manœuvre.

Chose curieuse, quand on isole les machines, ou ailleurs les transformateurs, ces masses isolées prennent une charge statique suffisante pour donner des étincelles de 1/2 mm de longueur au moins. Ce phénomène n'est pas encore complètement étudié. L'explication en paraît malaisée étant donné qu'il s'agit de courants alternatifs. La ligne téléphonique qui longe la ligne primaire, sur les mêmes poteaux, présente des charges de même nature, qui vont jusqu'à 1200 volts. Dans les transformateurs, le circuit secondaire présente également ces charges statiques.

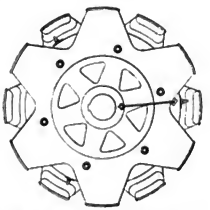


Fig. 12. — Inducteurs de l'alternateur.

Digitized by Google

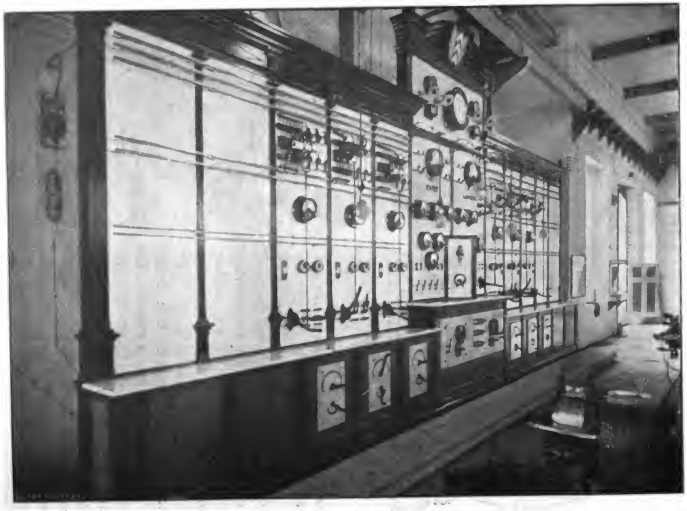


Fig. 13. — Tableau de distribution de l'usine des Clees.

Digitized by Google

LIGNES PRIMAIRES

La ligne aérienne a, depuis l'usine jusqu'à la guérite de distribution, environ 9 1/2 kilomètres. (Voir photographie d'un poteau, fig. 6 et 14.)

La ligne monophasée est composée de 19 brins de 2,5 mm soudés ensemble. Chaque câble a donné à la température de 0, une résistance ohmique de 3,2 ohms. La ligne triphasée a 3 fils de 7 mm, qui ont donné chacun une résistance de 7,75 ohms. En calculant les pertes comme pour du courant continu, on aurait pour la ligne lumière une perte de 9 o/o environ pour la transmission de 400 kilowatts au départ. Pour la ligne triphasée, en calculant de même et faisant intervenir le coefficient $\frac{\sqrt{3}}{2}$ on trouve environ 11 o/o.

Fig. 14. — Vue d'un poteau dans la forêt de Bouvry.

Les pertes réelles n'ont pu être mesurées, faute d'une charge suffisante. Il est possible que la capacité des câbles souterrains alimentés par la ligne aérienne compense sa self-induction, et donne des résultats voisins des chiffres ci-dessus. Vu la difficulté de ces mesures la garantie demandée au constructeur a été simplement la résistance ohmique de la ligne. C'est la seule garantie sérieusement contrôlable; ce qui n'empêche pas de voir encore bien des cahiers des charges prescrire pour les lignes alternatives une perte de *x* o/o, sans même définir s'il s'agit d'*énergie* ou de *voltage*.

Digitized by Google

Les poteaux ont des hauteurs variables, de 10 à 15 mètres; la seule prescription qui les concernait était un diamètre de 12 c/m au petit bout; mais le constructeur a été obligé de prendre des poteaux plus solides.

L'écartement des poteaux varie de 35 à 42 mètres.

Fig. 15. — Tableau de la guérite d'arrivée des lignes primaires aériennes et départ des lignes primaires souterraines.

Avant d'arriver en ville, la ligne a trois dérivations aériennes; sans appareils au point de jonction. La première dérivation est destinée au village de Serrières, et comprend cinq fils.

Une seconde dérivation passe dans la « Trouée du Seyon » tunnel pratiqué dans une colline pour détourner le cours d'un torrent: le Seyon. Arrivée près de l'extrémité du tunnel, la ligne triphasée continue dans la direction du lac et la ligne monophasée monte verticalement dans un puits creusé à cet effet et surmonté d'une tourelle de fer. La ligne traverse la tourelle de bas en haut, et va plus loin alimenter une seconde tourelle de transformateurs. C'est peut-être le seul exemple de ce genre, et il excite vivement l'intérêt des électriciens qui visitent Neuchatel. Une troisième dérivation franchit un vallon et alimente un transformateur placé au pied du Château.

A l'extrémité de la ligne est une construction où sont installés des appareils de distribution. Un tableau en marbre supporte les interrup-

Digitized by Google

Fig. 16. — Ville de Neuchatel. — Tourelle de transformateurs surmontée d'une lampe à arc.

Digitized by Google

Digitized by Google

teurs, ampèremètres, coupe-circuits et parafoudres. Tous les conducteurs qui partent de cette guérite sont souterrains.

Les parafoudres de la ligne aérienne sont d'un modèle nouveau, à rupture d'étincelle, celle-ci pouvant être rompue alors qu'elle a encore 35 c/m. Après ces appareils sont intercalées sur le tableau de petites bobines d'induction, qui peuvent être mises hors circuit par un jeu de commutateurs.

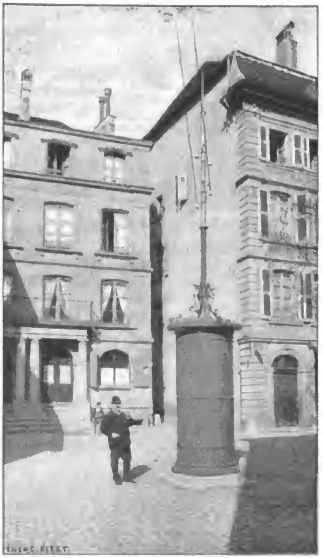


Fig. 17. — Vue extérieure d'une tourelle. — Ligne primaire souterraine; lignes secondaires aériennes

Chaque câble est en outre pourvu de parafoudres à pointes. Jusqu'ici ces moyens de sécurité contre l'électricité du ciel ont très bien fonctionné et protégé les câbles de toute atteinte. Chaque parafoudre a une ligne de terre distincte, reliée aux conduites d'eau de la ville respectivement à des plaques de terre séparées.

De la guérite partent cinq câbles monophasés, deux de 2×40 et trois de 2×10 m/m². Ces câbles sont concentriques et protégés par une armature en fer de 1 m/m d'épaisseur. Deux câbles triphasés de 2×10 et 2×20 m/m² alimentent le haut et le bas de la ville. Ces câbles sont composés de trois torons isolés parallèles, tordus et protégés comme les câbles monophasés par des rubans de fer. La distribu-

Digitized by Google

tion du potentiel est naturellement tout autre dans ces deux espèces de câble. Pour les concentriques le conducteur extérieur est presque au potentiel de la terre, et l'intérieur a toute la tension. Pour les triphasés la distribution du potentiel est égale sur les trois conducteurs.

Il résulte de ces différences d'état des conséquences assez curieuses. Tandis que les courants triphasés n'ont aucune influence sur les lignes téléphoniques voisines qui emploient la terre comme courant de retour, le courant monophasé en trouble le fonctionnement dès qu'un câble est mis en charge. La ligne aérienne et le câble se comportent comme deux condensateurs inégaux associés en dérivation et entre les deux a lieu par la terre un échange de courant qui se dérive dans les lignes téléphoniques. Le remède à ce mal consiste, comme partout ailleurs, à munir les téléphones de lignes à double fil.

Ces câbles sont posés dans le sol sans autre protection qu'une couverture de demi-drains en poterie ou béton.

Voici les longueurs de câbles primaires posés à ce jour :

Courants monophasés.		*Courants triphasés.*	
2 × 40 m/m²	618 mètres.	3 × 10 m/m²	1984 mètres.
2 × 20 m/m²	723 —	3 × 20 m/m²	1500 —
2 × 10 m/m²	4135 —		

TRANSFORMATEURS ET LIGNES SECONDAIRES POUR L'ÉCLAIRAGE

Il existe 22 stations, réparties comme suit :

Local	Puissance	Volts au secondaire
Tourelle, Serrières	10 kw.	120
Tourelle, Champ Bugin	10 —	120
Tourelle, La Main	10 —	120
Tourelle, Cassarde	10 —	120
Tourelle, Côte	10 —	120
Tourelle, St-Jean	7 —	120
Tourelle, Sablons	7 —	120
Halle de la Gare	16 —	120
	16 —	85
Tourelle, Promenade	10 —	120
Tourelle, Coq-d'Inde	20 —	120
Tourelle, Seyon	20 —	120
A reporter	146 kw.	

Local	Puissance	Volts au secondaire
Report	146 kw.	
Cave, Gymnase	16 —	120
Grenier, Hôtel Munic.	46 —	120
Atelier, Serre	20 —	120
Tourelle, Square I	16 —	120
Tourelle, Square II	16 —	120
Cave, Ecole	14 —	380
Cave, Poste	16 —	120
Tourelle, Maladière	10 —	120
Tourelle, Mail	10 —	120
Tourelle, Grande-Rue	20 —	120
Tourelle maçonnerie, Château	16 —	120
Total	340 kw.	

Digitized by Google

Fig. 18. — Une station secondaire dans un grenier (46 kilow.).

Digitized by Google

Il y a donc 15 tourelles, dont 2 ont des circuits secondaires souterrains, et les autres des circuits secondaires aériens. Trois d'entre elles sont alimentées par des circuits primaires aériens, ainsi que la tourelle en maçonnerie, qui est adossée au Château. Celle-ci est à tel point réussie comme imitation du style de cet antique bâtiment qu'il semble que cette construction en ait toujours fait partie.

Fig. 19. — Candelabres " Alioth ", avenue du 1er-Mars à Neuchatel.

Une station est dans un grenier (fig. 18); mais cette disposition malheureuse, dictée par les circonstances, sera changée à la prochaine occasion.

Les transformateurs sont du système dit à noyau; les noyaux sont composés de feuilles de tôle de 0.4 millimètres, isolées au papier. Directement sur ce noyau sont les enroulements secondaires, et, par dessus, les enroulements primaires. Les carcasses de fonte sont isolées du sol par de la porcelaine. En cas de foudroiement de la ligne primaire, le fluide aérien, s'il n'est pas entièrement conduit à la terre par les parafoudres, pourrait trouver un chemin à travers les isolations

du transformateur, et arriver aux circuits secondaires. Pour éviter que ceux-ci ne deviennent dangereux en se trouvant ainsi par accident en communication avec le primaire, il suffit de relier un pôle du secondaire, à chaque station, à la terre. Cette jonction à la terre supprime tout danger et n'a aucun inconvénient.

La chute de tension dans ces appareils, à pleine charge, se maintient dans les limites actuellement admises. Le rendement n'a pas été mesuré. Voici les chiffres de garantie :

7	10	16	23 kilow.
95	95.5	96	9/ o/o.

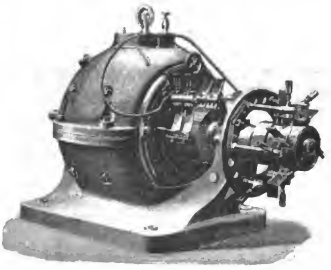


Fig. 20. — Commutatrice " Alioth ".

Les circuits souterrains sont réservés à la partie centrale de la ville, aux rues étroites bordées de maisons inégales. Partout ailleurs les circuits sont aériens, et posés avec assez de soin pour qu'on les remarque fort peu, en ville au moins. Dans la banlieue, l'obligation d'avoir recours aux poteaux rend les conducteurs plus apparents.

ÉCLAIRAGE PUBLIC

La route de la gare est éclairée par huit lampes de 13 ampères, en série de 3 et 2 sur les conducteurs à 120 volts. Une grande avenue toute moderne, l'avenue du Premier-Mars (fig. 19), a reçu 12 candélabres, alignés en ligne droite en hauteur et en direction, supportant des arcs qui sont actuellement de 12 ampères, mais qui vont être remplacés par des arcs de 20. Il a été vérifié, en effet, que ces arcs de 12 ampères ne donnent pas tout à fait 500 bougies, ce qui est trop peu pour une large avenue. Dans le reste de la ville, 2 lampes sont associées aux 12 précédentes, pour marcher en deux séries de 7, à 280 volts, et une lampe de 20 ampères, sur une tourelle, est alimentée par un petit transformateur 120/40 volts (fig. 16).

Digitized by Google

On place actuellement des lampes à incandescence, de 32, 50, 100, 200 et 300 bougies dans la ville. Il y aura environ 300 lampes à incandescence, qui diminueront d'autant le nombre des becs de gaz, actuellement de 650.

DISTRIBUTION DE FORCE MOTRICE

Les petits moteurs, jusqu'à deux chevaux, sont branchés sur les circuits monophasés. Pour les types supérieurs, on installe chaque fois un transformateur triphasé de puissance appropriée. Jusqu'ici il n'y a en service que 4 moteurs monophasés, de 1/2, et 1 HP, et 4 moteurs triphasés de 2/3, 5, 12, et 20 chevaux. Un transformateur triphasé a pu être installé dans une tourelle (fig. 21).

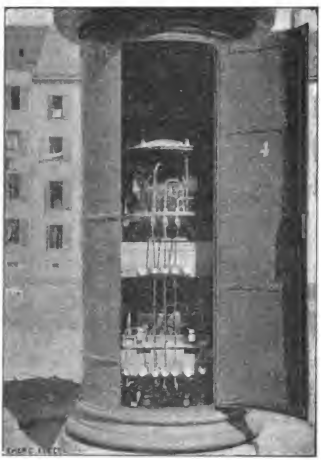


Fig. 21. — Tourelle de transformation renfermant un transformateur monophasé et un transformateur triphasé.

Avant la fin de l'année le tramway de Saint-Blaise installera un transformateur et une commutatrice fournissant du courant continu à 550 volts pour la traction de ses voitures. On sait que les commutatrices (fig. 22), spécialité de la Société Alioth, sont des dynamos qui recevant du courant alternatif (mono, bi ou triphasé), le rendent en courant continu, ou vice-versa. De puissantes machines de cette espèce fonctionnent avec grand succès à Rouen, Genève et ailleurs.

Digitized by Google

TARIFS

Le tarif de lumière est à première vue un peu compliqué ; mais il arrive à ce résultat de fournir du courant à un prix décroissant avec l'emploi, sans aucune anomalie de prix. Le compteur est admis partout, et les bougies-heure additionnées pendant *six mois*, servent au calcul du prix.

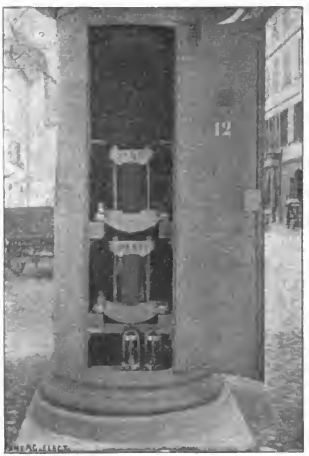


Fig. 22. — Tourelle renfermant deux transformateurs monophasés de 10 kilowatts.

Les 125 premières heures, multipliées par le nombre de bougies de l'installation complète, forment la *taxe minima* à raison de 24 centimes la bougie-heure. Les 125 heures suivantes coûtent 20 c., les 250 suivantes 18 et le surplus 15 centimes la bougie-heure.

La taxe minima est donc de 30 centimes par bougie et par semestre, donnant droit à 125 heures de marche.

Pour la force motrice le tarif principal, donnant droit à 3300 heures de marche par année, part de 400 fr. le cheval pour 1/4 de cheval et aboutit par une échelle décroissante régulière à 163 fr. pour 41 chevaux et au-dessus. Voici du reste quelques chiffres :

Puissance en chevaux du moteur	Tarif par cheval-an	Puissance en chevaux du moteur	Tarif par cheval-an
1/10	400 francs	10	220 francs
1/2	350 —	20	191 —
1	300 —	30	174 —
5	248 —	40	164 —

Digitized by Google

La surtaxe pour marche à vingt-trois heures par jour est de 20 o/o. Les petits moteurs de 2 chevaux et au-dessous paient, quand ils sont branchés sur les circuits monophasés, une surtaxe de 10 o/o s'ils marchent dix heures par jour, et jouissent d'une détaxe de 40 o/o s'ils ne marchent que lorsqu'il fait jour. Enfin, on peut s'abonner au compteur-d'heures, avec une taxe minima égale aux 3/4 de la taxe à forfait, et une taxe horaire

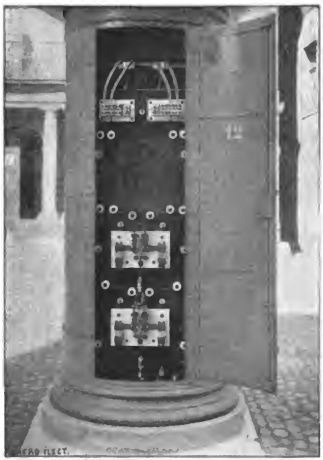


Fig. 23. — La même tourelle : côté des interrupteurs secondaires.

Jusqu'ici 4000 lampes environ sont en fonction, y compris les lampes de l'éclairage public; le nombre augmente rapidement.

Les constructeurs et fournisseurs ont été pour la partie des travaux hydrauliques divers entrepreneurs de la Ville, travaillant d'après les plans élaborés par les Travaux Publics de la Commune. Pour la partie électrique, la Société d'Electricité Alioth a pris comme fournisseurs, pour les câbles, la Société Berthoud-Borel, à Cortaillod; pour les turbines et tuyauteries, MM. Piccard et Pictet, à Genève; pour les tourelles, M. Hartmann, à Bienne; pour les principaux instruments de mesure, MM. Hartmann et Braun, à Francfort; pour les lampes à arc, Siemens et Halske, etc., etc.

L'exploitation a commencé le 1er janvier 1896; elle est confiée pour une année à la Société Alioth.

Le coût total de l'entreprise s'élève à 1 600 000 francs, pour 1200 chevaux absorbés par les turbines, soit 1330 francs par cheval. En se

Digitized by Google

basant sur les rendements, on compte qu'on peut vendre 370 chevaux simultanés, comptés sur l'axe des moteurs, et 330 kilowatts simultanés, comptés dans les lampes. Total 823 chevaux, donnant ainsi un rendement moyen de transport de 68 1/2 o/o.

Le cheval effectif, à vendre, a donc exigé un capital de

$$\frac{1\,600\,000}{823} = 1944 \text{ francs.}$$

C'est certainement élevé, aussi a-t-il fallu, étant donné les tarifs très bas qui ont été adoptés, admettre un amortissement moyen de trente ans. C'est un peu long, avec les progrès incessants de la science, mais un amortissement plus court eût exigé des tarifs plus élevés, qui eussent nui au succès de l'entreprise.

Toute l'installation fait honneur à l'initiative des autorités communales, car il ne faut pas oublier que Neuchatel n'a que 17 000 habitants et relativement peu d'industrie. Mais on est habitué, en Suisse, à ces audaces financières, réclamées par le public au nom de l'intérêt général.

ROGER CHAVANNES.

Digitized by Google

Fig, 24. — Hôtel-de-Ville de Neuchatel. — Eclairage de la Salle du Conseil.

Digitized by Google

on 7595.14
schreibende Notizen uber eine An
dener Library
007186641
3 2044 082 119 728

Digitized by Google